

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE  
FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

## VÝROBA FORMIČKY PRO CUKROVÍ

MANUFACTURING OF BISCUIT PAN

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE  
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE JOSEF PEŠAVA  
AUTHOR

VEDOUcí PRÁCE Ing. KAMIL PODANÝ, Ph.D.  
SUPERVISOR

BRNO 2011

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2010/11

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

student(ka): Josef Pešava

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojírenská technologie (2303R002)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

### **Výroba formičky pro cukroví**

v anglickém jazyce:

### **Manufacturing of biscuit pan**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Jedná se o návrh technologie výroby výtažku o velké sérii. Součástka je obecného tvaru s přírubou a bude vyráběna technologií tažení bez ztenčení stěny s využitím konvenčního nástroje. Na tuto problematiku bude také zaměřena literární studie.

Cíle bakalářské práce:

Provedení aktuální literární studie se zaměřením na technologii tažení spolu se zhodnocením výroby součástí obdobných tvarů. Následovat bude návrh vhodné technologie a vypracování postupu výroby součástí (provedení technologických a kontrolních výpočtů), návrh sestavy nástroje spolu s výrobními výkresy zadaných dílů, technicko-ekonomické hodnocení a závěr.

Seznam odborné literatury:

1. HELLWIG, W., SEMLINGER, E. Spanlose Fertigung: Stanzen. 5th ed. Braunschweig/Wiesbaden, Friedr Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH. 1994. 289 p. ISBN 3-528-44042-2.
2. FOREJT, Milan, PÍŠKA, Miroslav. Teorie obrábění, tváření a nástroje. 1. vyd. Brno : Akademické vydavatelství CERM, s. r. o., 2006. 217 s. ISBN 80-214-2374-9.
3. TIŠNOVSKÝ, M., MÁDLE, L. Hluboké tažení plechu na lisech. 1. vyd. Praha, SNTL, 1990. 200 s. ISBN 80-03-00221-4.
4. NOVOTNÝ, K. Tvářecí nástroje. 1. vyd. Brno, Rektorát Vysokého učení technického v Brně, 1992. 186 s. Edit. Nakladatelství VUT v Brně. ISBN 80-214-0401-9.
5. DVOŘÁK, M., GAJDOŠ, F., NOVOTNÝ, K.: Technologie tváření – plošné a objemové tváření, 1.ed., edit.Rektorát VUT v Brně, 2003, pp.169, ISBN 80-214-2340-
6. HOSFORD, William F.; CADDEL, Robert M. Metal Forming : Mechanics and Metalurgy. 3th ed. New York : Cambridge University Press, 2007. 365 s. ISBN 978-0-521-88121-0.
7. MARCINIAK, Z.; DUNCAN, J.L.; HU, S.J. Mechanics of Sheet Metal Forming. 2.ed. Oxford : Butterworth-Heinemann, 2002. 211 s. ISBN 07506530000.

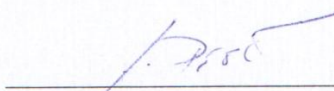
Vedoucí bakalářské práce: Ing. Kamil Podaný, Ph.D.

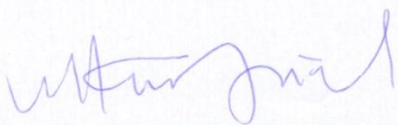
Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2010/11.

V Brně, dne 16.11.2010

L.S.



  
prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.  
Ředitel ústavu

  
prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.  
Děkan

## **ABSTRAKT**

PEŠAVA Josef: Výroba formičky pro cukroví

---

Řešená součást „formička na cukroví“ je vyrobena z pocínovaného materiálu TH 370 o síle 0,24 mm. Bude sloužit na pečení cukroví při teplotách až do 250°C. Předpokládaná roční série je 100 000 ks. Z variantního řešení výroby součásti byla zvolena neoptimálnější metoda. V první operaci je z plechu vystřižen kruhový rondel a v druhé operaci je samotné konvenční tažení. Na základě výpočtů je pro výrobu zvolen nejbližší vhodný lis LEC 25C. V technologicko-ekonomickém hodnocení byla vypočítána cena 2,58 Kč na jednu formičku. Z technologických a konstrukčních výpočtů je navržen tažný nástroj.

Klíčová slova: tváření, tažení, stříhání, pocínovaný plech, formička na cukroví

## **ABSTRACT**

PEŠAVA Josef: Manufacturing of biscuit pan

---

The solved part – the „cookie cutter“ is made of tin material TH 370 0,24 mm thick. It will be used for baking cookies at temperatures up to 250°C. Estimated annual series is 100 000 pieces. The most optimal method from the variant solution of the production of the part was chosen. In the first operation the circular rondel is cut from the sheet and there is the conventional campaign in the second operation. Based on calculations the nearest suitable press LEN 25 C is selected for the production. The price of 2,58 CZK per mold was calculated in, the technical-economic evaluation. The pull tool is designed from technological and design calculations.

Keywords: forming, drawing, cutting, tinsplate, the cookie cutter

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

PEŠAVA Josef: *Výroba formičky pro cukroví*. Brno, 2011. 41 s., příloh 3, výkresy 1, CD.  
FSI VUT v Brně, Ústav strojírenské technologie, Obor technologie tváření kovů a plastů.  
Vedoucí práce Ing. Kamil Podaný, Ph.D.

## **ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ**

Tímto prohlašuji, že předkládanou bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně, s využitím uvedené literatury a podkladů a na základě konzultací a pod vedením vedoucího bakalářské práce.

V Brně dne 27. 05. 2011

.....  
PEŠAVA JOSEF

## **PODĚKOVÁNÍ**

Děkuji panu Ing. Kamilovi Podanému, Ph.D. za vedení a pomoc se zpracováním bakalářské práce a mému otci, Josefu Pešavovi, za odborné konzultace ve firmě Kovovýroba Jeníkov. Dále děkuji za pomoc při fotodokumentaci a tvorby elektronické podoby Mgr. Haně Váňové a Janu Pešavovi.

## OBSAH

Zadání  
Abstrakt  
Bibliografické citace  
Čestné prohlášení  
Poděkování  
Obsah

<b>1</b>	<b>ÚVOD</b>	9
<b>2</b>	<b>ROZBOR SOUČÁSTI</b>	10
2.1	Návrhy možností výroby	10
<b>3</b>	<b>HLUBOKÉ TAŽENÍ BEZ ZTENČENÍ STĚNY</b>	14
3.1	Počet tažných operací	15
3.2	Výpočet tažné vůle	15
3.3	Velikost přístřihu	16
3.4	Použití přidržovače a přidržovací síla	16
3.5	Výpočet tažné síly a práce	18
3.6	Nástroje pro tažení	19
3.7	Vady výlisků	21
3.8	Maziva	22
<b>4</b>	<b>NÁVRH VÝROBY</b>	23
4.1	Velikost přístřihu	23
4.2	Nástřihový plán	24
4.3	Technologické výpočty	28
4.4	Návrhy možné výroby	30
<b>5</b>	<b>NÁVRH NÁSTROJE</b>	31
5.1	Volba materiálů	32
5.2	Části nástroje	32
<b>6</b>	<b>VOLBA LISU</b>	34
<b>7</b>	<b>TECHNICKO-EKONOMICKÉ HODNOCENÍ</b>	35
<b>8</b>	<b>ZÁVĚRY</b>	41

Seznam použitých zdrojů  
Seznam použitých symbolů a zkratk  
Seznam příloh



## 1 ÚVOD [2], [4]

Součásti jsou vyráběny celou řadou technologií. Nejznámější technologie výroby jsou obrábění a tváření. Každá metoda je vhodná pro jiný okruh součástí a odvíjí se od velikosti vyráběných sérií.

Tváření je velice stará a vysoce efektivní tradiční technologie zpracování kovů. Princip této metody spočívá v působení vnějších sil na materiál a tím je měněn tvar a velikost polotovaru v požadovanou součást. Metody tváření jsou pro svoji výrobní rychlost a téměř nulový odpad velice rozšířené. Materiál je přetvářen za tepla nebo za studena, mezníkem teploty je rekrystalizační teplota. Pro svoji soudržnost vláken, zpevnění a zlepšení mechanických vlastností celé součásti se velice liší od jiných metod jakou je například obrábění. U obrábění jsou vlákna kovu přetrhána a materiál je nezpevněn.

Tváření je rozděleno na *objemové* a *plošné*.

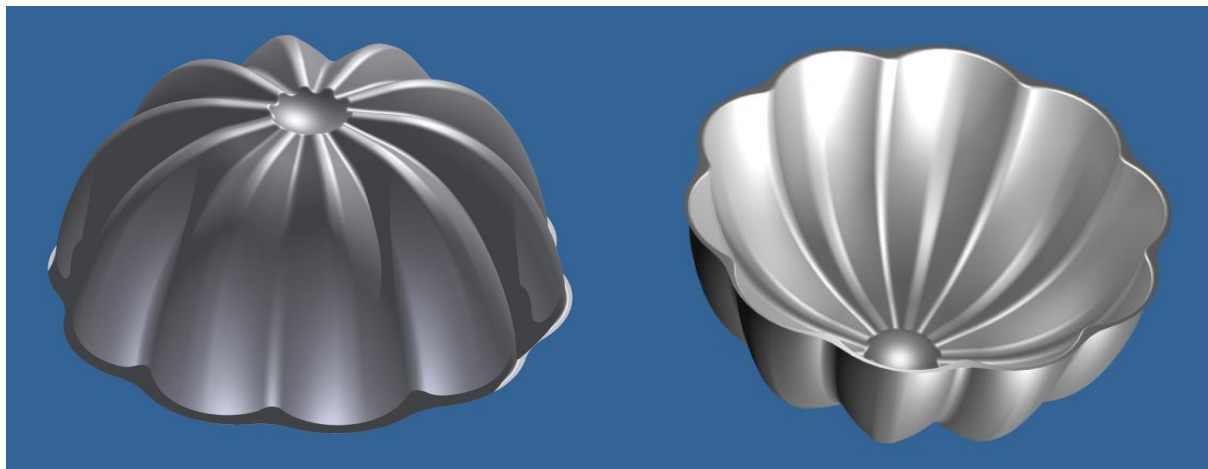
- při objemovém tváření je měněn průřez a tvar polotovaru
- plošné tváření vychází z předpokladu, že se nemění podstatná tloušťka materiálu, základní polotovar je plech



Obr 1.1 Příklady vyráběných formiček [1]

## 2 ROZBOR SOUČÁSTI [2], [3], [14]

Zadaná součást bude sloužit na pečení cukroví, proto všechny vyrobené součásti musí být způsobilé k tomuto účelu. Je třeba zajistit, aby formičky byly zdraví nezávadné a mohly přijít do styku s potravinami.



Obr. 2.1 3D model formičky

Design formičky na obr. 2.1 je navržen tak, aby odpovídal trendům prodejnosti a poptávky dnešní doby a byl tak velice dobrým předpokladem pro prodej tohoto výrobku. Na první pohled má výlisek velice složitý tvar s 10-ti pravidelnými (tvarovými) výstupky. Na horním pohledu je vidět uprostřed prohlubeň ve tvaru kytice. Formička má po celém obvodu přírubu (okraj) o velikosti 0,5 mm. U této příruby je velké nebezpečí utržení, proto je důležité celkové nastavení podržovače a ostatních parametrů.

Součást je vyrobena z pocínovaného plechu TH 370 o síle 0,24 mm slovenské výroby U. S. Steel Košice, s.r.o. Jedná se o kontinuálně žíhaný pocínovaný plech vyrobený metodou overaging (žíhání – rychlé chladnutí – žíhání – normální chladnutí).

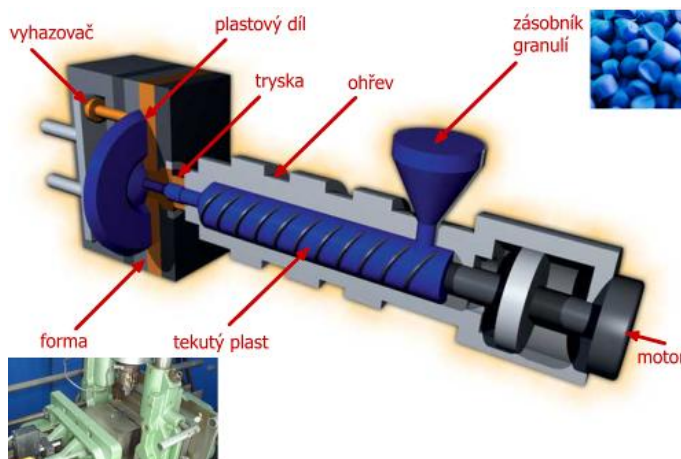
Tab. 1 Mechanické vlastnosti materiálu:

$R_{p0,2}$ [MPa]	$R_m$ [MPa]	$A_{50}$ [%]	vrstva cínu [ $\mu\text{m}$ ]
353	378	34,50	5,6/5,6

### 2.1 Návrhy možností výroby [1], [2], [3], [4], [9], [10]

Tyto součásti, nebo jim tvarově podobné, lze vyrobit konvenčními i nekonvenčními metodami. V další části jsou rozebrány nejpravděpodobnější a nejvhodnější technologie, kterými lze dosáhnout potřebné kvality těchto výrobků.

Pro zpracování plastů lze použít širokou škálu technologií, záleží na vlastnostech vstřikovaného plastu a výstupní součásti. Nejvíce rozšířenou metodou je přímé vstřikování pomocí šnekového



Obr. 2.2 Princip vstřikování plastů [1]

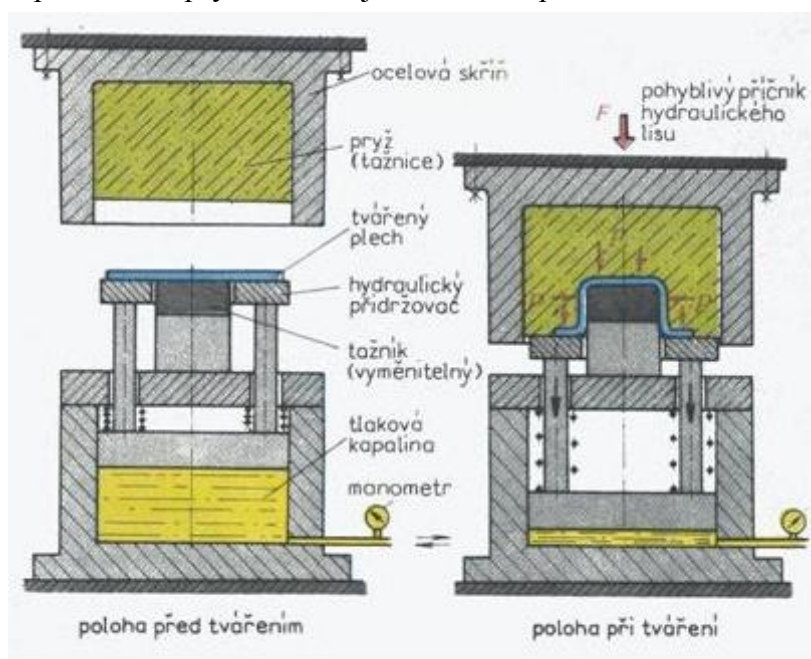
podavače, viz obr. 2.2. Vstřikování plastů je prováděno na vstřikovacích lisech. Celá operace je pro zjednodušení rozdělena do čtyř základních kroků. V prvním kroku je forma uzavírána. V druhé operaci je tekutý plast vtlačěn do dutiny formy pod vysokým tlakem a vysokou rychlostí. Ve třetí operaci probíhá plastikace. Zde probíhá rychlé chlazení vstřikované hmoty, to je proto, aby se dosáhlo kvalitních mechanických vlastností. V poslední operaci je forma otevřena a součást je vyhozena z dutiny formy ven a celý proces se opět opakuje.

Výroba vstřikováním je vhodná pro velice složité součásti. Lze díky ní vyrobit velikou škálu složitých součástí a tvarů. Problém může být v tom, že plastová formička, vystavovaná až teplotě 250°C, může být životu nebezpečná, protože se z ní mohou při pečení uvolňovat škodlivé látky do cukroví a posléze do lidského organismu (např. ftaláty, bisfenoly,...).

Metoda marform, viz obr 2.3, je založena na principu tažení do pryže, která je podobá metodě tažení Guerin, a je použitelná pro složité hluboké výtažky. Princip je založen na vtlačování tažníku přes rondel plechu do pryže a tím je dosaženo požadovaného tvaru. Rozdílem oproti metodě Guerin je výška pryže. Pryž musí být alespoň trojnásobně vyšší než je celková výška výtažku. Pokud by zásoba pryže byla menší, docházelo by k velkému opotřebování a ke ztrátě elasticity pryže. Pro jednoduchost nástroje je tato metoda rozšířena v malosériové a kusové výrobě. Použitelnost je pro ocelové i neželezné materiály. Omezením je, že ji nelze použít pro složitá dna výlisků.

Nevýhodou metody Marform je vysoká výrobní a pořizovací hodnota stroje i nástrojů. Dále nelze

s jistotou zaručit, že u problematických tvarů tlak pryže dokáže vyvinout takovou sílu, aby dostatečně vytlačil požadovaný tvar. Další nevýhodou je velikost strojů a nástrojů. Zařízení pro výrobu jsou velkých rozměrů. To může ovlivňovat celkovou plochu výrobní haly, a tím zvyšovat i celkové náklady na výrobu. Proto se tato technologie používá pro větší výtažky (např. vany, složité dílce karoserií,...).



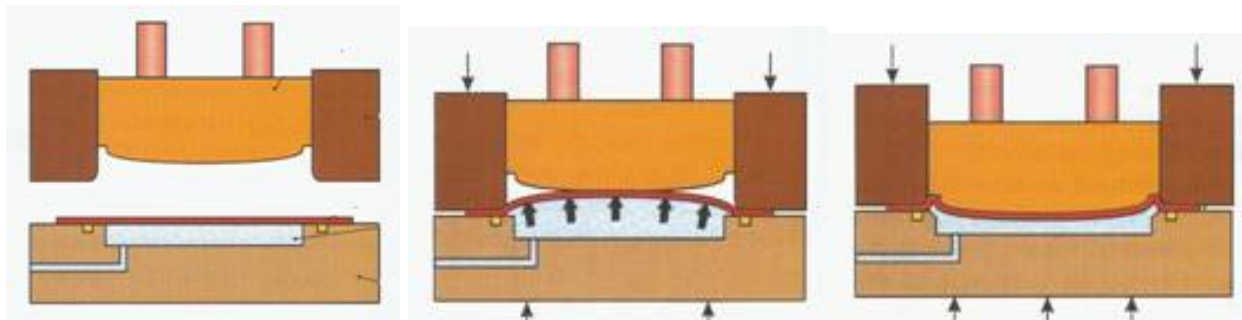
Obr. 2.3 tváření pryží – metoda marform [10]

Metoda hydromechanického tažení je založena na vtlačování rondelu plechu sevřeného přidržovačem a tažnicí. Tažník vytahuje plech do komory, kde je kapalina pod tlakem (sodná vodní emulze). U tažné hrany je drážka s těsněním. Hydrostatický tlak kapaliny působí na plech, který je vytlačován na plochu tažníku, a tím od tažníku získává požadovaný tvar. Kapalina je ve styku s plechem v tažné komoře. Přidržovač se uzavře a utěsní komoru. Tím je zvyšován tlak na tvářený plech, a proto dochází k rychlému tvarování součásti. Tlak v komoře není stále stejný. V průběhu tahu se mění pomocí hydraulického řídicího okruhu. Fáze zvyšování tlaku trvá až do doby, než je součást zcela vytvarovaná. Tlak lze řídit pomocí speciálního ventilu. Takto je možné vyrábět celou řadu součástí i s přírubou pouze na jednu



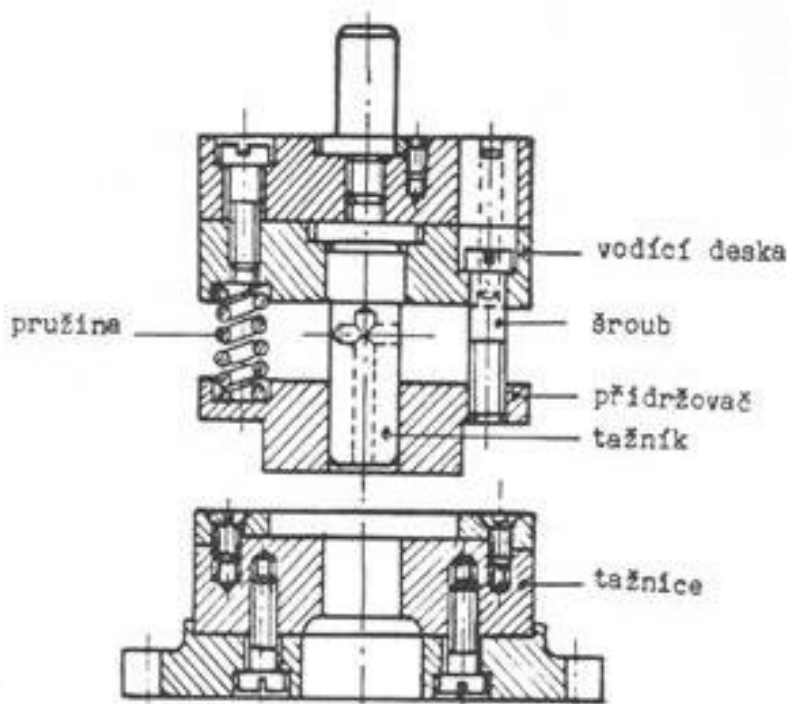
operaci. Metoda je dobře použitelná pro tažení hlubokých výtažků. Při tahu je tření a ztenčení stěny minimální, protože je snižováno kapalinou.

U hydromechanického tažení, na obr. 2.4, je nevýhodou vysoká výrobní a pořizovací hodnota stroje i nástrojů. Proto se tato technologie stejně jako u metody Marform používá pro větší výtažky (např. vany, složité dílce karoserií,...). Další nevýhoda je nutnost použití speciálních strojů a nástrojů a jejich velikost. Zařízení jsou velkých rozměrů, proto ovlivňují celkovou plochu výrobní haly a tím se zvětšují celkové náklady.



Obr 2.4 Princip hydromechanického tažení [10]

Základem jednoduchého konvenčního tažení je tažení jednoduché součásti z kruhového polotovaru (rondelu), viz obr. 2.5. V prvním kroku je rondel plechu založen na určité místo na tažnici. Tažník s přidržovačem se pohybuje směrem dolů, až dosedne na plochu střižnice. Přidržovač vyvíjí přidržovací sílu na plochu rondelu a tažník pokračuje dále směrem dolů a vtahuje plech do dutiny tažnice. Tah končí ve spodní úvrati beranu lisu a tažník se vrací zpět. Poté se vrací i přidržovač. Po dosažení horní úvrati se celý výrobní cyklus opakuje. Součást může být vyráběná na jednu nebo více operací, to musí být ověřeno výpočtem. Dále je třeba vypočítat, jestli tažení může proběhnout bez přidržovače, nebo zdali je přidržovač nutný. Konvenčních tažných nástrojů je celá řada. Některé jsou normalizovány a některé se liší dle vnitřních předpisů a standardů firmy. Tažení může být bez ztenčení stěny a se ztenčením stěn.



Obr. 2.5 Konvenční nástroj [10]

Konvenční tažení je rozděleno:

Jednoduché tažení (bez ztenčení stěny), tažení se ztenčením stěny, zpětné tažení, žlábkování, rozšiřování, zužování,...

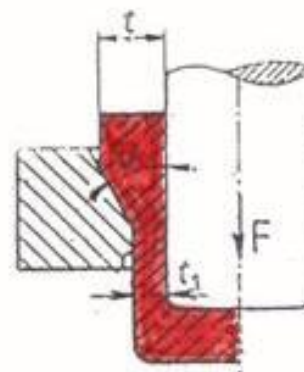
### Tváření se ztenčením stěn

Při tažení dochází ke značné redukci stěny přes tažnici, viz obr. 2.6. Tloušťka stěny plechu je zmenšována průchodem tažnicí, přičemž je tloušťka plechu na dně nezměněna a zůstává v původní tloušťce. U tažení se ztenčením stěn se většinou používá polotovar kalíšek.

### Tváření bez ztenčení stěny

Vychází z hlavního předpokladu, že se tloušťka plechu při tváření neztenčuje a zůstává bez podstatné změny. Tento bod je pouze teoretický, protože v reálném tahu je vždy alespoň malé ztenčení. Toto ztenčení nemusí být na první pohled viditelné, ale z podrobného prozkoumání je zřejmé, že k nějaké změně došlo. Není to ale podstatná změna tloušťky.

Výhodou této varianty je malá velikost stroje a nástroje. Technologie je schopná zajistit všechny požadované technické parametry. Vytažení složitého dna lze dodržet téměř u každé součásti.



Obr. 2.6 Princip tažení se ztenčením stěny [10]

Ze všech předchozích rozborů jednotlivých metod, technologií a návrhů pro výrobu součástí vyplývá, že použití konvenční technologie hlubokého tažení bez ztenčení stěny je pro výrobu formičky na cukroví nejlepší a nejvhodnější variantou.

### Tažení povrchově upravených plechů

Při tahu povrchově upravených plechů se mění některé vlastnosti, které mohou měnit průběh a podmínky tahu. Jeden z měnných parametrů je součinitel tažení. U povrchově upravených plechů je součinitel tažení horší než u neupravených hlubokotažných plechů. Při tažení není zpravidla nutné použití maziv, výjimečně se používají maziva na bázi glykolu.

Nejlepší teplotní rozmezí pro zpracování povrchově upravených plechů je třeba udržovat mezi 15-20°C. Pokud by byla teplota nižší, je riziko vzniku trhlin v místě deformace. Naopak při vyšších teplotách dochází k porušení povrchových úprav.

Při tažení povrchově upravených plechů je třeba dbát opatrnosti, aby povlak operacemi poškozen. Proto některé součásti se dříve technologicky zpracovávají a posléze následuje povrchové upravení. Existuje mnoho druhů pokovení a úprav součástí podle vhodnosti použití (pocínované, pozinkované, pochromované, pomědění,...), viz obr. 2.7.

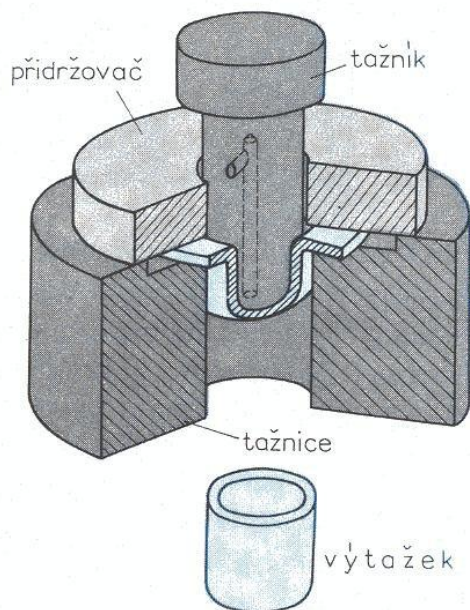


Obr. 2.7 Příklady pokovených součástí [6], [7]  
(vlevo pochromování, vpravo pocínování)

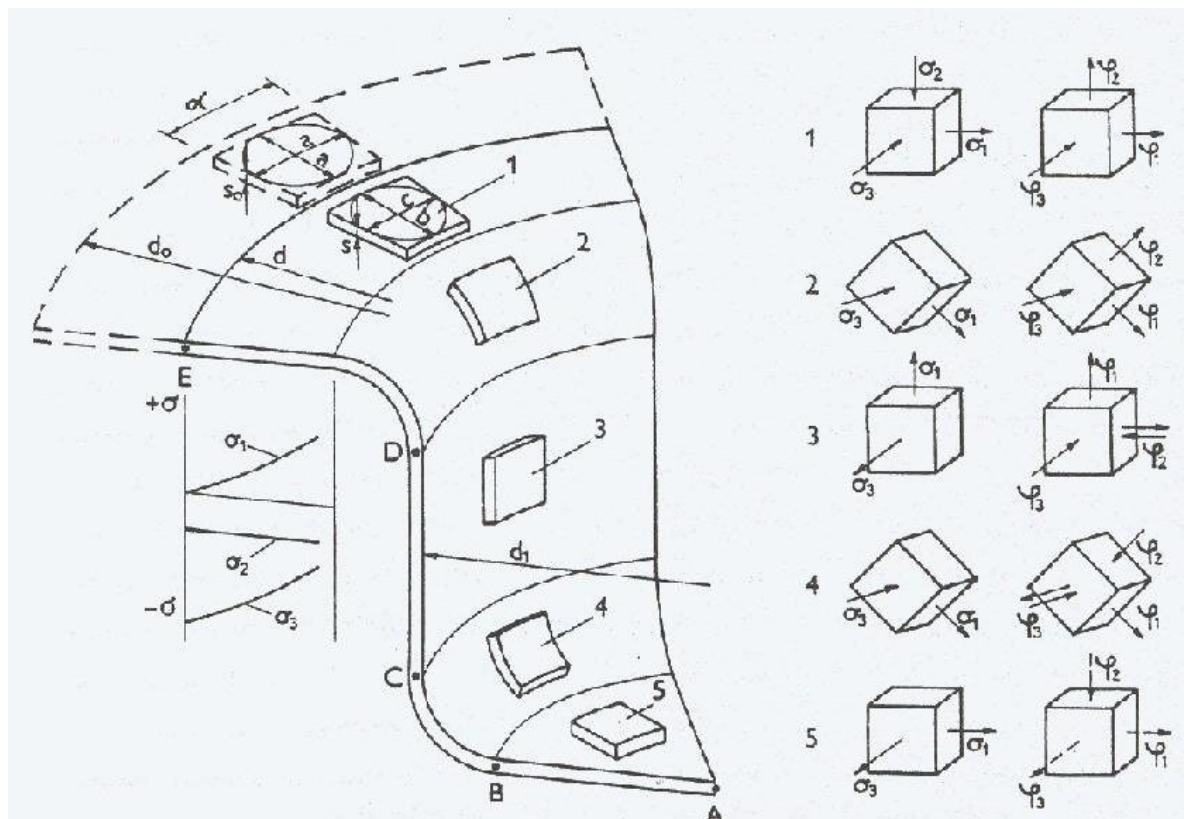
### 3 HLUBOKÉ TAŽENÍ BEZ ZTENČENÍ STĚNY [2], [3], [4], [10]

Tažení plechu je proces, kdy z rovinného polotovaru (přístřihu) je vytahována nádoba jednou nebo pomocí více operací. Metodou lze řešit velkou řadu součástí: rotační, hranaté a nesymetrické dílce. V praxi se tímto způsobem vyrábí velký sortiment mělkých i hlubokých nádob, součásti karoserií, vík převodovek, atd. Na obrázku 3.1 je řez nástrojem pro jednoduchý symetrický výtažek s pomocí přidržovače.

Při tažení vzniká v každém bodě výtažku tah nebo tlak nebo jejich kombinace, viz obr. 3.2. Napětí se mění podle částí tažení a mění se její velikost. V oblasti A je natahování materiálu minimální. Oblast B je namáhána na trojosou napjatost. V oblasti C je pouze jednoosý tah. Oblast D je velice namáhaná oblast, protože materiál, který je tažen přes tažnou hranu, je namáhán tangenciálním a radiálním tlakem. Oblast E je oblast, kde vyvíjí tlak přidržovač (pokud v nástroji přidržovač není, tlaky odpadají) a tím je na horní plochu tah na radiální plochu a tlak v tangenciálním směru.



Obr. 3.1 Hluboké tažení [10]



Obr. 3.2 Průběh napětí při tažení [10]

### 3.1 Počet tažných operací [2], [3]

Výpočet určuje, zdali stačí k výrobě součásti jedna nebo více operací. Čím je méně operací, tím je vyšší produktivita a efektivita výroby. Počet operací je přímo závislý na druhu výrobku, tloušťce, jakosti materiálu, druhu lisu a konstrukci vhodného tažného nástroje.

Vlastnosti, které ovlivňují počet operací:

- koeficient poměrné tloušťky  $s_0/D$  (největší ukazatel)
- jakost a mechanické vlastnosti materiálu
- kvalita povrchu plechu
- způsob a kvalita mazání
- zaoblení tažníku a tažnice
- velikost tažné mezery
- volba přidržovače

Stanovení počtu tažných operací (součinitel tažení)

Pro první operaci:

$$m_1 = \frac{d_1}{D_0} \quad [\text{mm}] \quad (3.1)$$

kde:  $D_0$  [mm] – průměr rondelu  
 $d_1$  [mm] – průměr v první operaci tažení

Pro druhou operaci:

$$m_2 = \frac{d_2}{d_1} \quad [\text{mm}] \quad (3.2)$$

kde:  $d_2$  [mm] – průměr v druhé operaci tažení  
 $d_1$  [mm] – průměr v první operaci tažení

Pro třetí operaci:

$$m_3 = \frac{d_3}{d_2} \quad [\text{mm}] \quad (3.3)$$

kde:  $d_3$  [mm] – průměr v třetí operaci tažení  
 $d_2$  [mm] – průměr v druhé operaci tažení

Velikosti součinitelů pro první tři operace pro hlubokotažnou ocel:

$m_1 = 0,48-0,50$ ;  $m_2 = 0,73-0,75$ ;  $m_3 = 0,76-0,78$ ;...

Pokud výsledek vypočítaného součinitele tažení je vyšší než dané hodnoty, pak tažení může být realizováno na jeden tah. Pokud tomu tak není a výsledek je nižší než stanovená hodnota, nelze realizovat tah na jednu operaci, ale pomocí více operací. Výpočty jsou počítány ve sledu za sebou (1. tah, 2. tah,...). Až výpočet splní danou hodnotu koeficientu, je určený počet tahů. Pokud bude tažení realizováno na více tahů, je třeba po 3. až 4. tahu zařadit mezioperační rekrystalizační žihání.

### 3.2 Výpočet tažné vůle [2]

Tažná mezera mezi tažníkem a tažnicí ovlivňuje velikost tažné síly. Při volbě malé tažné vůle vzrůstá tažná síla a hrozí utržení dna výlisku. Naopak při velké tažné vůli dojde ke vzniku sekundárních vln na výtažku. Dle normy ČSN, která doporučuje hodnotu pro první operaci, lze jednoduše vypočítat tažnou mezeru ze vzorce 3.4, kde koeficient je volen 1,1-1,2. Tažnou mezeru lze vypočítat také metodou podle Oehlera, který uvádí vztah 3.5.

$$z = 1,2 \cdot s_0 \quad (3.4)$$

kde:  $s_0$  [mm] – tloušťka plechu

$$z = 1,2 \cdot s_{max} + k \cdot \sqrt{10 \cdot s_0} \quad (3.5)$$

kde:  $s_0$  [mm] – tloušťka plechu  
 $k = 0,07$  - pro ocel  
 $k = 0,02$  - pro hliník  
 $k = 0,04$  - pro ostatní neželezné kovy

### 3.3 Velikost přístřihu [3]

Pro celkové řešení problematiky je třeba zjistit velikost přístřihu. Je důležité počítat se stejnou silou stěny plechu. Jednoduché výtažky lze řešit metodou na rozklad jednoduchých ploch (zaoblení, rovinné plochy, válcové plochy,...) a jejich výpočtem. Po výpočtu elementárních ploch jsou výpočty spojeny do jednoho celku a vypočítána celková plocha. Při řešení nesymetrických dílců lze použít grafické řešení. Je-li však počítáno, že plocha výtažku + přídavek na ostřížení je rovna ploše přístřihu. Při výpočtu složitých ploch nelze toto jednoduché řešení použít a výpočet je proveden pomocí Guldinovy věty.

$$R^2 = L \cdot d_m \quad [\text{mm}] \quad (3.6)$$

kde:  $R$  [mm] – poloměr přístřihu ( $D_0 = 2 \cdot R$ )

$$d_m = 2 \cdot r_m \quad [\text{mm}] \quad (3.7)$$

kde:  $r_m$  [mm] – poloměr těžiště obrysu (profilu) výtažku

$$r_m = \frac{\sum L_i \cdot r_i}{L} \quad [\text{mm}] \quad (3.8)$$

kde:  $L_i$  [mm] – jednotlivé délky úseků obrysu výtažku  
 $r_i$  [mm] – poloměry těžišť těchto úseků

- určení přístřihu bez příruby:

$$D_0 = \sqrt{d^2 + 4 \cdot d \cdot h} \quad [\text{mm}] \quad (3.9)$$

kde:  $d$  [mm] – průměr součásti  
 $h$  [mm] – minimální výška výtažku

- určení přístřihu s přírubou:

$$D_0 = \sqrt{d^2 + 4 \cdot d \cdot h - 3,44 \cdot d \cdot r} \quad [\text{mm}] \quad (3.10)$$

kde:  $d$  [mm] – průměr součásti  
 $h$  [mm] – minimální výška výtažku  
 $r$  [mm] – poloměr zaoblení přechodu stěny do výtažku

### 3.4 Použití přidržovače a přidržovací síla [2], [3]

Vznik vln způsobuje velký stupeň deformace, což je nepřijatelné. Jevu vzniku vln lze zamezit použitím přidržovače. Přidržovač je nutný pro většinu slabých plechů, u kterých je poměr průměru polotovaru a průměru vytažené součásti menší než 0,015, viz 3.11. Další podmínka, která poukazuje na nutnost použití přidržovače, je stupeň deformace  $\varepsilon$ . Pokud je  $\varepsilon \leq 0,6$  tak je přidržovač nutný. Pokud je  $\varepsilon > 0,6$ , přidržovač není potřebný. Tyto podmínky musí být obě splněny a určují, zdali je při tažení plechu potřeba přidržovač. U hlubokotažných plechů do tloušťky 0,5 mm se přidržovač používá vždy.



dle Freidlinga:

$$\Delta s = \frac{s_0}{D_0} \cdot 100 \quad [-] \quad (3.11)$$

kde:  $D_0$  [mm] – průměr rondelu  
 $s_0$  [mm] – tloušťka plechu

Pokud je:

$\Delta s < 1,5 \rightarrow$  Je třeba použít přidržovač. Při dalším tahu platí rovnice  
 $\frac{d_n}{d_{n-1}} < 0,9$

$\Delta s > 2 \rightarrow$  Tažení lze realizovat bez přidržovače

$\Delta s = 1,5 - 2 \rightarrow$  Je nutné ověřit způsob tažení

dle Šofmana:

$$D_0 - d = 18 \cdot s_0 \quad [-] \quad (3.12)$$

kde:  $D_0$  [mm] – průměr rondelu  
 $d$  [mm] – průměr součásti  
 $s_0$  [mm] – tloušťka plechu

dle normy ČSN 22 7301:

$$\alpha_0 = 50 \cdot \left( z - \frac{\sqrt{s_0}}{\sqrt[3]{D_0}} \right) \quad [-] \quad (3.13)$$

kde:  $s_0$  [mm] – tloušťka plechu  
 $D_0$  [mm] – průměr rondelu  
 $z$  [-] – materiálová konstanta  
 ocelový hlubokotažný plech  $z = 1,9$   
 mosazný plech  $z = 1,95$   
 hliníkový plech  $z = 2,0$

Pokud je:

$\alpha_0 \geq \frac{100 \cdot d}{D_0} \rightarrow$  Je třeba použít přidržovač. Při dalším tahu platí rovnice  
 $\frac{d_n}{d_{n-1}} < 0,9$

$\alpha_0 < \frac{100 \cdot d}{D_0} \rightarrow$  Tažení lze realizovat bez přidržovače

### Výpočet přidržovací síly

Pokud je pro výrobu součásti potřeba použít přidržovač, je třeba také vypočítat sílu, kterou bude rondel přidržován. Toto je velmi důležité, protože pokud síla bude velká, hrozí utržení dna. V opačném případě, pokud přidržovací síla bude malá, na přírubě se utvoří vlny. V praxi je přidržovací tlak nastaven podle reálné situace, aby nedošlo ke zvlnění nebo tvorbě trhlin.

Tab. 2 Doporučené hodnoty přidržovacích tlaků

Materiál	[MPa]
Ocelový hlubokotažný plech	2,0 – 3,0
Nerezový plech	2,0 – 5,0
Měděný plech	1,2 – 1,8
Mosazný plech	1,5 – 2,0
Hliníkový plech	0,8 – 1,2

Výpočet přidržovací síly:

$$F_p = S_p \cdot p_p \quad [\text{N}] \quad (3.14)$$

kde:  $S_p$  [mm<sup>2</sup>] – účinná plocha přidržovače  
 $p_p$  [Mpa] – specifický tlak přidržovače

pro měkkou ocel	$p_p = 2,0 - 3,5$ MPa
hliník	$p_p = 0,8 - 1,2$ MPa
měď	$p_p = 1,0 - 1,5$ MPa

### 3.5 Výpočet tažné síly a práce [2], [3], [10], [15]

Tažná síla se při tažení hlubokých výtažků mění. Zprvu je obrovský nárůst síly, která přibližně odpovídá hloubce tažení. V další fázi se zpevňuje materiál, a proto síla nadále vzrůstá. Po zpevnění materiálu, kdy se síla dostane do maximálního bodu, nastane zlom a síla začne klesat, viz obr. 3.3. Pro ulehčení výpočtů v praktické výrobě je používán jednoduchý vztah pro utržení dna výlisku, viz 3.17. Výpočet tažné síly je nejdůležitější složkou ze všech sil a bude ovlivňovat návrh lisu. Síla je rozdělena do dvou fází. V první fázi vzniká mělký válcový prolis a částečně tažení. V druhé fázi je pouze tažení a dokončení celé operace.

Výpočet pro 1. fázi tahu:

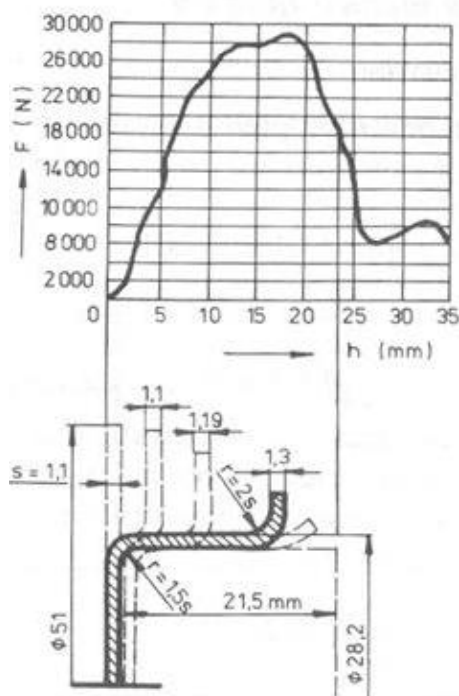
$$\sigma_v = (\sigma_1 + \sigma_{t\check{r}} + 2\sigma_o) \cdot e^{\mu \cdot \alpha} \cdot \sin \alpha \text{ [MPa]} \quad (3.15)$$

Výpočet pro 2. fázi tahu:

$$\sigma_v = (\sigma_1 + \sigma_{tr} + 2\sigma_o) \cdot e^{\mu \cdot \alpha} \quad [\text{MPa}] \quad (3.16)$$

kde:

- $\sigma_1$  [MPa] – radiální tahové napětí, které vzniká v oblasti příruby výtažku
- $\sigma_{tr}$  [MPa] – napětí vyvolané třením od tlaku přidržovače na zesilující se okraj přístříhu
- $\sigma_{tr}$  [MPa] – radiální tahové napětí, které vzniká v oblasti příruby výtažku
- $e^{\mu, \alpha}$  [-] – součinitel vyjadřující vliv tření na zaoblené hraně tažnice
- $\mu$  [-] – součinitel tření
- $\alpha$  [-] – úhel ohybu (opásání) plechu na tažné hraně, pro  $\alpha = 90^\circ$  je  $e^{\mu, \alpha} \sim 1 + 1,6\mu$



Obr. 3.3 Průběh tažné síly [10]

### Orientační výpočet tažné síly:

$$F_t = \pi \cdot d \cdot s_0 \cdot R_m \quad [\text{N}] \quad (3.17)$$

kde:  $d$  [mm] – průměr výtažku  
 $s_0$  [mm] – tloušťka plechu  
 $R_m$  [MPa] – mez pevnosti materiálu

Celková tažná síla je složena i z přidržovací síly, která musí být zahrnuta do celkové síly.

Výpočet celkové síly:

$$F_c = F_t + F_p \quad [\text{N}] \quad (3.18)$$

kde:  $F_t$  [N] – tažná síla  
 $F_p$  [N] – přidržovací síla

Výpočet tažné práce:

$$A_t = \frac{k \cdot F_c \cdot h}{1000} \quad [\text{J}] \quad (3.19)$$

kde:  $F_c$  [N] – celková tažná síla  
 $k$  [-] – opravný koeficient respektující pracovní diagram,  $k = \frac{2}{3}$   
 $h$  [mm] – hloubka výtažku (pracovní zdvih lisu)

### 3.6 Nástroje pro tažení [2], [3], [4], [11]

Funkcí všech tažných nástrojů je vytažení z rovinného přístřihu duté těleso. Při konstrukci nástroje je třeba rozlišovat tažidla určená pro jednu nebo více operací. Dalším ukazatelem je stroj, na kterém je nástroj konstruován, jestli je určen pro jednočinné nebo vícečinné lisy.

Podle počtů a druhů operací jsou rozlišovány jednoduché, sloučené (sloučení stejných operací do jednoho nástroje v jednom zdvihu), sdružené (sdružení dvou a více různých operací), postupové (dvě a více operací za sebou) a jiné nástroje.

Při návrhu nástrojů pro plošné tváření je důležitá správná a vhodná volba materiálu. Čím větší bude vyráběná série, tím je třeba volit kvalitnější materiály. Rozdělení materiálů dle použití:

1. na konstrukční oceli, šedou litinu a ocel na odlitky
2. na nástrojové oceli
3. na ostatní materiály

Činné části nástrojů jsou nejvíce namáhané na otěr, proto se chemicko – tepelně upravují. Nános tvrdého chromu zvýší životnost až o desetinásobek vyráběných kusů. Úpravu lze provádět u ocelových i litinových konstrukčních prvků. Přibližná životnost činných částí je 1 až 1,5 mil. kusů.

Nitridování je úprava, kterou je možno upravit činné části pouze jednou a lze ji provádět pouze na kruhových činných částech.

Nejčastěji používaný je povlak z TiN, nanášený většinou na ocel 19 436 elektronovým dělem do vrstvy 5  $\mu\text{m}$ .

Další alternativou je výroba částí nástrojů ze slinutých karbidů, které jsou mechanicky spojeny s nástrojem. Použití keramických vložek LUXAL nebo OXAL u tažení je dobré proti opotřebení, ale není vhodné pro bodové zatížení a tahové napětí.

Hlavní funkcí všech chráničů, používaných u nástrojů, je předejití úrazům. Pro ochranu činných částí lze použít:

- ochranné ohrazení, rámečky, sítě, plachty,...
- zasouvací rámečky – do činných částí nástroje se pouze zasune rámeček s polotovarem
- mechanizace – použití robotu nebo manipulátoru nahradí lidskou práci. Použitím strhávače nebo spuštěnou zábranou. Světelná ochrana pracovního prostoru lisu je jednou z dalších možností ochrany před úrazem. Velice účinná ochrana (hlavně pro prsty a ruce,...) je dvojruční spouštění. Pro spuštění lisu je potřeba zmáčknout dvě tlačítka zároveň v takové vzdálenosti od sebe, aby bylo nutno použití obou rukou. Tímto je zajištěno, že v nástroji nezůstanou z předchozí operace např. ze zakládání polotovaru.

Základem každého tažného nástroje jsou funkční části a to je tažník a tažnice, popřípadě i přidržovač. Nástroje musí být konstruovány tak, aby možnost úrazu byla u všech částí nástroje co nejmenší. Některé nástroje mohou být konstruovány jako bezpečné, bez dalších ochranných prvků. U některých nástrojů je však použití ochranných prvků nezbytné.

Geometrie tažníku a tažnice přímo ovlivňuje tvorbu vln, roste napětí a tím se zvyšuje i velikost tažné síly. Je třeba stanovit co nejmenší poloměry zaoblení ze vzorce 1.3. Dalším geometrickým parametrem je vůle mezi tažníkem a tažnicí. Je důležitá pro případ náhlé vyčerpání zásoby plasticity pokud bude nedostatečná, je potřeba součást meziperačně žíhat.

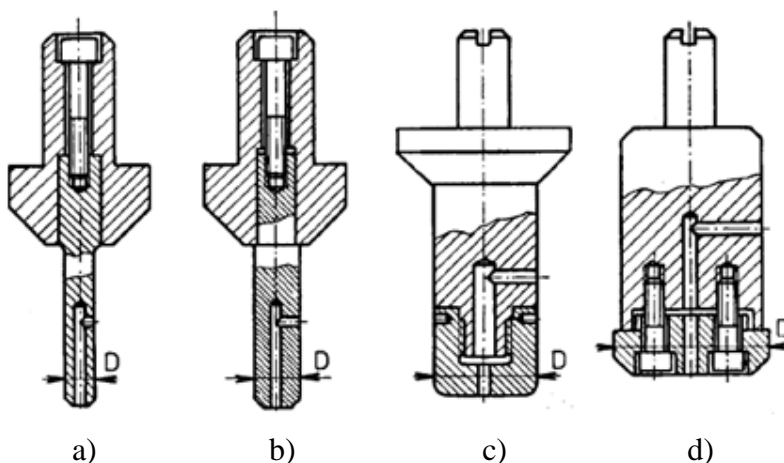
#### - Tažník

Tažník slouží k protažení rondelu plechu přes tažnici. Je konstruován na vrchní desce nebo v převráceném uspořádání.

Na tažník je natahován plech a průměr tažníku je stejný s vnitřním průměrem tažené součásti. Tvar tažníku určuje vznikající tvar součásti. Tažníky jsou většinou konstruovány z kvalitního materiálu, protože jako funkční části podléhají velkému opotřebení.

Na obr. 3.4 je základní rozdělení tažníků. Tažníky jsou vyráběny celistvé (a, b)

nebo vložkované (c, d). Klasické provedení tažníků (a, b) je pro malé průměry a vložkované (c, d) jsou pak pro větší průměry.



Obr. 3.4 Konstrukční provedení tažníků [11]

Poloměr zaoblení tažníku:

$$R_{ta} = 0,8 \cdot (D_0 - d) \cdot s_0 \quad [\text{mm}] \quad (3.20)$$

kde:  $D_0$  [mm] – průměr rondelu

$d$  [mm] – průměr výtažku

$s_0$  [mm] – tloušťka plechu

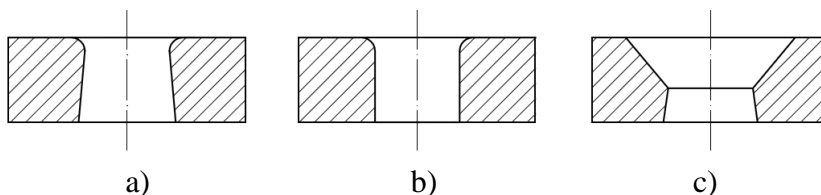
#### - Tažnice

Tažnice slouží k tažení materiálu či redukci stěny. Průměr tažnice je shodný s průměrem vnějšího průměru výtažku. Tažnice je umístěná na spodní desce nástroje a rondel plechu je založen přímo na vrch do přesně dané pozice. Na kvalitu tažení má velký vliv zaoblení tažníku, viz 3.5 a tažná mezera. Tažnice jsou většinou konstruovány z kvalitního materiálu, protože jako funkční části podléhají velkému opotřebení.

Otvor tažnice může být konstruován mnoha způsoby, viz obr. 3.5.

Tvar otvoru tažnice

závisí na druhu výtažku a jeho odstranění z tažnice. Na obr. 3.5 a) je tvar určen pro výlisek nad tažnici. Propad součástí pod tažnici se používá tažnice na obr. 3.5 b). Obr. 3.5 c) zobrazuje tažnici pro 2 a další tahy a výtažek je vrácen nad tažnici.



Obr. 3.5 Vybrané tvary tažnic [11]

Poloměr zaoblení tažnice:

$$R_{te} = 0,8 \cdot \sqrt{(D_0 - d) \cdot s_0} \quad [\text{mm}] \quad (3.21)$$

kde:  $D_0$  [mm] – průměr rondelu  
 $d$  [mm] – průměr výtažku  
 $s_0$  [mm] – tloušťka plechu

#### - Přidržovač

Přidržovače jsou konstruovány do nástrojů podle potřebného použití. Lze dosáhnout tažení bez přidržovače, s přidržovačem na jednu operaci nebo použitím spodního přidržovače. Více podrobností, viz kapitola 3.3.

### 3.7 Vady výlisků [3], [4], [10]

Vznik trhlin na dně a u příruby je asi největším problémem u všech druhů plošného tváření, viz obr. 3.6 a 3.7. Mnohdy je příčinou již samotná vada v konstrukci nástroje, a proto je důležité nedostatky korigovat už při vývoji a konstruování.

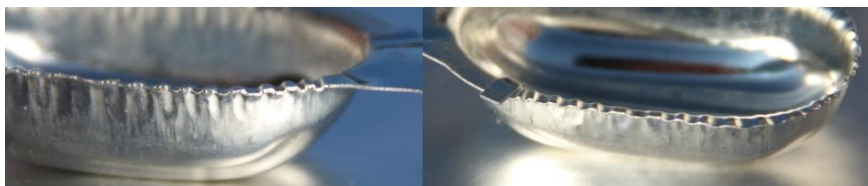
Trhliny vznikají při překročení meze kluzu, proto je důležité se držet mimo tuto oblast a předem s tím počítat při konstrukci nástroje. Tuto skutečnost ovlivňuje mnoho faktorů např. mazání, čistota a kvalita materiálu, jakost tažníku a tažnice, konstrukce nástroje,...



Obr. 3.6 Utržení dna

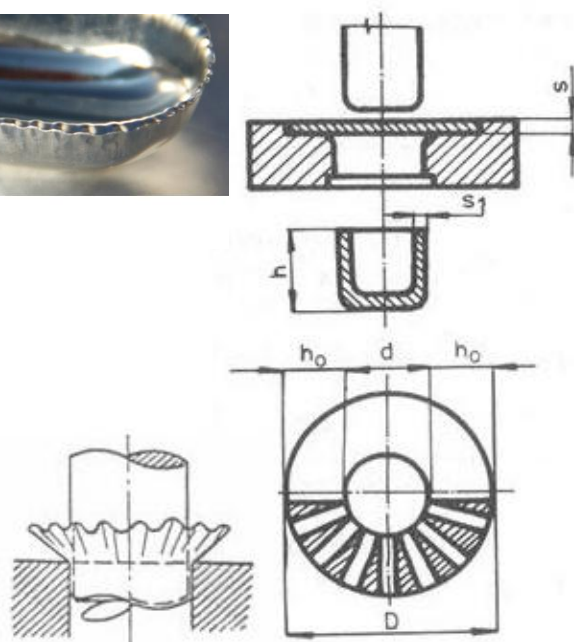


Obr. 3.7 Utržení příruby



Obr. 3.8 Zvlněná příruba

Zvlnění příruby může být způsobeno více faktory. Vlny při tažení vznikají přesunem materiálu a jeho přebytkem, viz obr. 3.9. Tomuto jevu se může zamezit pomocí přidržovače, který bude na plochu vytvářet tlak a ten odstraní vlny. Nejčastějším problémem v praxi je chybné nastavení nebo nepřesný výpočet síly přidržovače. Když přidržovací síla přidržovače není dostatečná, příruba se zvlní a to je nežádoucí stav. Naopak, když síla bude velká, příruba se utrhne, a to je opět považováno za nežádoucí stav, viz obr. 3.8.



Obr. 3.9 Vznik vln [10]

Přestřižení výlisků je způsobeno vniknutím jiné součásti do prostoru tahu v době, kdy je započata další operace. To způsobí znehodnocení součásti, která se dostala do prostoru i součásti tažené, popřípadě stříhané. Na obr. 3.10 a 3.11 je tento jev dobře pozorovatelný. Jsou zde přestřiženy dvě stejné součásti do jedné. Toto se stává hlavně na lisovacím automatu, ale i při lisování s ručním podáváním. U ručního lisování lze tento jev z části odstranit pouze opatrností pracovníka (lidského faktoru). Naopak u lisovacího automatu je možné zařadit optické hlídání. Princip spočívá v tom, že optický paprsek je zaveden do prostoru stříhu a pokud není stříhový prostor prázdný, operační systém nepustí lis do další fáze. Tento systém dokáže korigovat až 98% těchto vad. Nevýhodou je, že tento systém není použitelný pro součásti menší než 5 mm.



Obr. 3.10 Přestřižení formičky jinou formičkou



Obr. 3.11 Deformace způsobená cizím tělesem

### 3.8 Maziva [2], [4]

Ve všech tvářecích operacích vzniká tření mezi tvářeným materiálem a činnými částmi nástroje. Při dobře zvoleném mazání lze dosáhnout lepší jakosti lisované součásti, delší životnosti nástrojů, zmenšení tažné síly a zamezení vzniku studených spojů. Ve většině případů by bez mazání nebylo možné některé tvářecí procesy realizovat. Ne vždy jsou třecí síly nežádoucí. Existují případy, kdy třecí síly umožňují požadovanou deformaci, a proto je tření žádoucím jevem. V opačném případě, kdy tření nedovoluje dosáhnout požadovaného tvaru a zvětšuje se odpor tahu, je snaha zmenšit třecí síly mazáním.

Volba vhodného mazadla závisí na druhu taženého materiálu. Nejčastěji používaná mazadla se dělí na kapalná a tuhá. Mezi kapalná mazadla patří např.: ropné cyklické oleje, rostlinné oleje, živočišné oleje,... Kapalná mazadla mohou obsahovat i pevnou složku (křída, talek,  $ZnO$ ,  $MoS_2$ ,...)

Mezi tuhá maziva patří například tuhý parafin, živočišné tuky, grafit,  $MoS_2$ ,.... Grafit a  $MoS_2$  se používají hlavně pro tváření za tepla.

Maziva se ve většině případů z vyrobené součásti neodstraňují. Řada z nich má konzervační schopnosti a zajišťuje i odolnost proti korozi. U některých součástí je třeba maziva před následnou úpravou z povrchu odstranit např. u karosářských plechů apod. Proto tuto vlastnost musí některá maziva umožňovat.

## 4 NÁVRH VÝROBY

Formička na cukroví je malého rozměru a velmi složitého tvaru. Pro výrobu byl vybrán pocínovaný plech TH 370 o síle 0,24mm. Jako nejvhodnější metoda byla vybrána konvenční technologie tažení.

### 4.1 Velikost přístřihu [2]

Jelikož se jedná o tvarově složitou součást a její geometrie je těžko definovatelná, je velice těžké dosáhnout výsledku. Tento krok může zjednodušit velká řada 3D programů (Autodesk Inventor, SolidWorks, Catia, Pro/Engineer, ...), ve kterých lze usnadnit výpočet plochy a ostatních parametrů. Pokud by se jednalo o jednoduchou součást, lze plochy rozložit na základní prvky a početně vyřešit. V této součásti nelze použít analytického řešení, protože součást je tvořena křivkami. Jediný možný způsob numerického počítání je pomocí integračního počtu. Výpočet je proveden v programu Autodesk Inventor 2010

Vstupní hodnoty: tloušťka stěny – 0,01  
Hustota mat. – 7800 kg.m<sup>-3</sup>

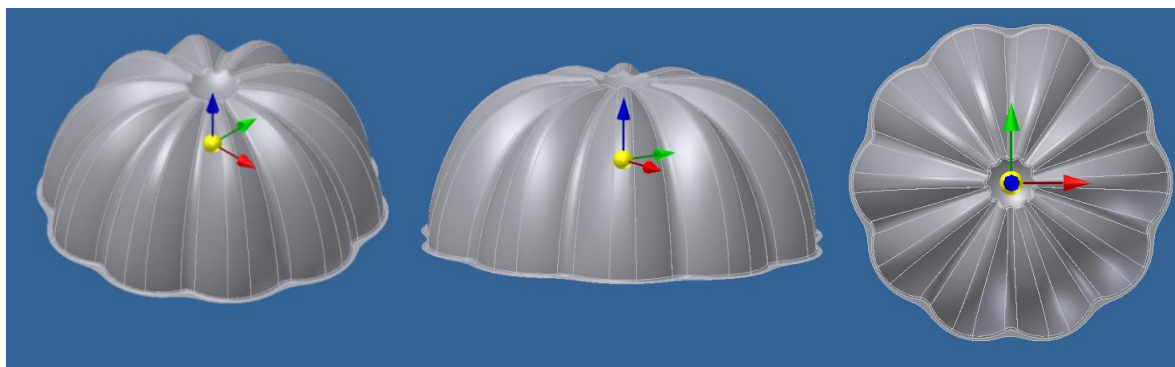
- Tloušťka stěny byla zvolena záměrně 0,01 mm. Při zadání hodnoty tloušťky vyšší než 0,01 mm program ohlásí neočekávanou chybu a ukončí se. Je to z toho důvodu, že nezvládá zpracovávat takto složité křivky. Z těchto vstupních dat, zadaných do programu, lze dopočítat skutečné korektní hodnoty pro tuto součást.

$$S_1 = 1426,085 \text{ mm}^2$$

$$V = 12,968 \text{ mm}^3$$

$$D = 30,8 \text{ mm}$$

Výpočet těžiště (obr 4.1): X = 0 (červená)  
Y = 0 (zelená)  
Z = 6,272 (modrá)



Obr. 4.1 Výpočet těžiště

Výpočet poloměru rondelle:

$$S_1 = \pi \cdot R^2 \Rightarrow R = \sqrt{\frac{S_1}{\pi}} = \sqrt{\frac{1426,085}{3,141592654}} = \sqrt{453,94} = 21,3 \text{ mm}$$

⇒ Velikost poloměru rondelle 21,3 mm

Výpočet průměru rondelle:

$$D_0 = 2 \cdot R = 2 \cdot 21,3 = 42,6 \text{ mm}$$

⇒ Velikost průměru rondelle 42,6 mm

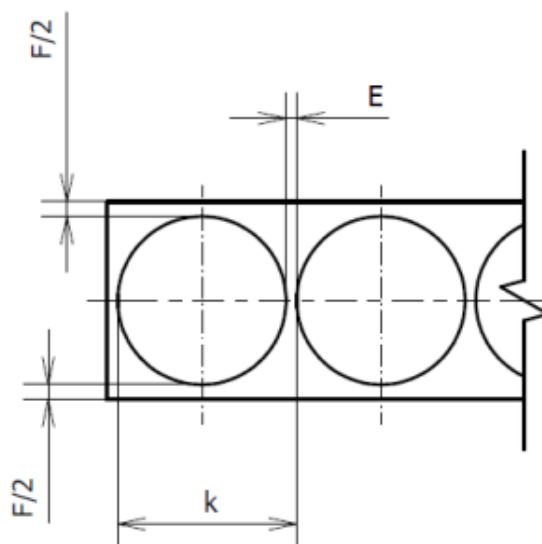


⇒ Velikost průměru polotovaru je nutné zvětšit o 1-3%. V tomto případě se jedná o velmi přesný výpočet pomocí programu Autodesk Inventor 2010. Tento bod bude zanedbán z důvodu přesnosti výsledku a na základě dlouholetých praktických zkušeností. Je vyzkoušeno, že tato korektní hodnota vyhovuje pro tažení slabých plechů.

#### 4.2 Nástřihový plán [2], [3], [5], [14]

Pomocí nástřihového plánu, viz obr 4.2 je zjišťován ukazatel využitelnosti materiálu a je přímo ovlivněna cena výrobku. Více je uvedeno v kapitole 7 Techniko-ekonomické hodnocení. Základní polotovary plechů lze získat od výrobce ze svitků nebo z tabulí. Každá technologie má své výhody a nevýhody.

Polotovary plechu ve svitku má tu výhodu, že je navinut do role o velké délce pásku. Nevýhody svitku jsou: složitá manipulace, pouze stejný rozměr šířky pásku a náročnost strojového vybavení. Strojovým vybavením je myšlena mechanizace (odvíják, rovnačka plechu, podavač, lis, naviják nebo nůžky), která svitek postupně zpracovává. Tato strojní vybava je pro zpracování plechu ve svitku nezbytná. Je ale finančně velmi nákladná, proto se používá hlavně ve velkosériové a hromadné výrobě.



Obr. 4.2 Nástřihový plán

Pro výhodnější a jednodušší zpracování materiálu a pro lepší manipulaci s ním se používá polotovary z tabulí. Zpracování plechu je výhodnější pro kusovou, malosériovou i sériovou výrobu. Pokud je lis osazen podavačem pásků a jsou splněny i ostatní technické parametry, je plech použitelný i pro velké sériové a hromadné výroby.

Pro tento druh výroby je navržen polotovary ve formě plechu. Důvodem pro toto zásadní rozhodnutí je menší pořizovací cena strojů. Další nespornou výhodou je univerzálnost polotovaru. Pokud je vyráběno více druhů výrobků s rozdílnou velikostí, je třeba hodně svitků s rozdílnou šíří. Jestliže polotovarem je plech, stačí pouze přestavit nůžky a nástřihat pás plechu na požadovanou šířku. Díky tomu je plech možné objednat pouze v jednom formátu a tím lze uspořit nemalé částky za dělení materiálu v hutích.

Vysvětlivky k obr. 4.2

E – velikost můstků

F – velikost přepážky odpadu

k – velikost kroku



### Velikosti můstků:

Určení velikostí můstků je třeba pro zajištění plynulého správného stříhu. Pokud mají rozměry správné velikosti, je stříh a manipulace s plechem při stříhání dobrá. Pokud nejsou velikosti můstků optimálně zvoleny, může dojít k přestřižení pásu ze strany a pás plechu se může ve střížném nástroji zaseknout (nejčastěji ve střížnici). Polotovar není úplný (z jedné strany je ostřížen) a tím se z výstřížku stane neopravitelný zmetek. Pokud nebude zvolen správný krok, může dojít k té samé situaci jako u předchozího případu. Dalším problémem, který může nastat, je nedostatečně zvolená šířka plechu. Stříh nebude kvalitní a místo stříhu se materiál začne vtahovat střížníkem do střížnice, což se na okraji polotovaru projeví nekvalitním povrchem. Velikosti minimálních můstků (přepážky odpadů) jsou odečteny z nomogramu na určení můstků, viz obr. 4.2. Pro tloušťku materiálu 0,24 mm je:

$$E = 1,2 \text{ mm}$$

$$F = 3,25 \text{ mm}$$

Pro lepší orientaci a přesnost lze hodnoty zaokrouhlit pouze nahoru. Zaokrouhlení směrem dolů je nepřípustné, protože je pravděpodobné, že se projeví výše popsané chyby. Pokud je zvolena vyšší hodnota, je to možné, ale je třeba ji volit s ohledem na co nejlepší využitelnost materiálu.

### Varianta 1:

Formát plechu: 940x740 mm

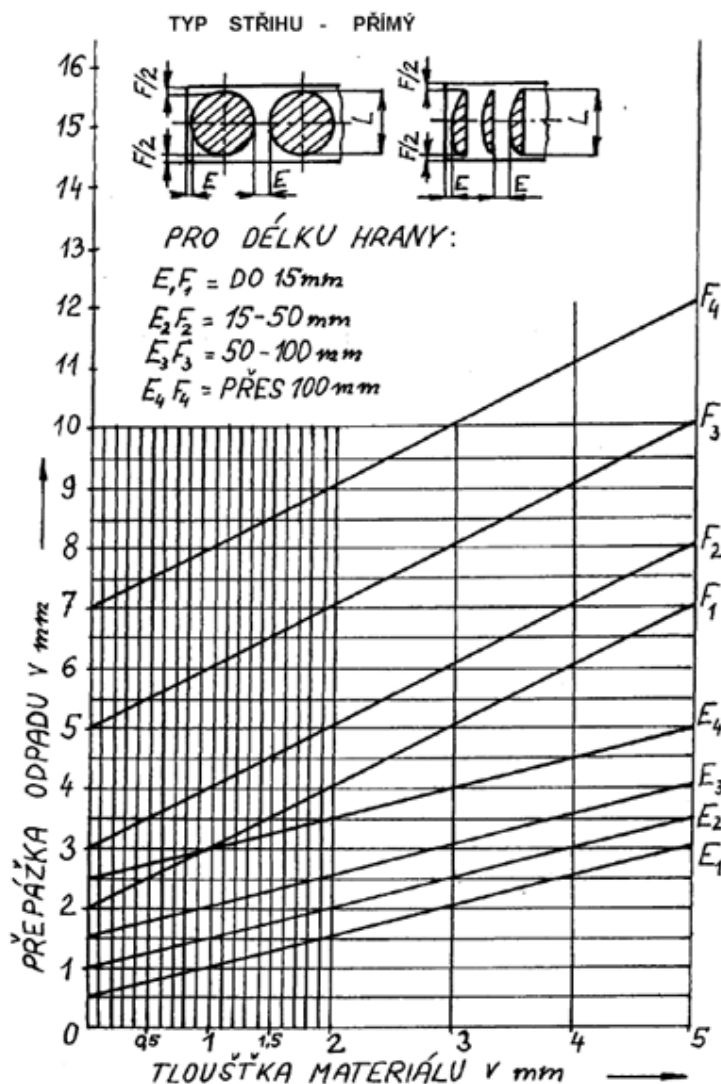
#### a) Stříh pásu podélně 940x45,85 mm

Počet pásů z tabule: 16,2 → 16

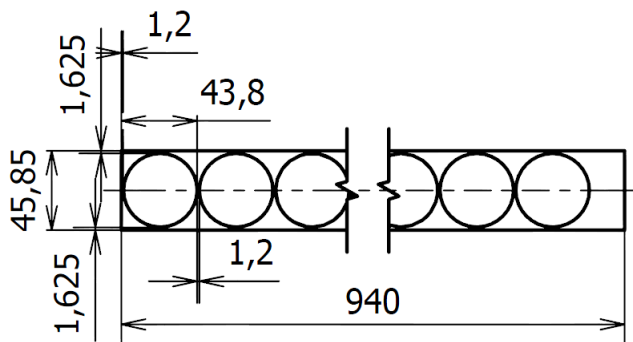
Počet kusů z pásu plechu: 21

Počet kusů z tabule: 336

Při prvním výpočtu bylo zjištěno, že do pásu plechu se vejde 21 ks formiček a na konci pásu i tabule bude nevyužitý



Obr. 4.3 Nomogram pro určení můstku [5]



Obr. 4.4 Nástřihový plán

odpad. Z tabule vyšlo 16,2 pásků, zaokrouhlením je 16 pásků z tabule a 20 mm je nevyužitelný konec tabule. Proto je pro jednoduchost konstrukce nástroje zvolena větší přepážka odpadu. Využitelnost materiálu se nezmění, ale možnost výskytu náhodných chyb se tímto může o něco snížit. Nevyužitelné konce plechu jsou rozděleny do přepážek a můstků. Potom bude:

### Střih pásu podélně 940x46 mm – upravené hodnoty

$E = 1,7 \text{ mm}$

$F = 3,4 \text{ mm}$

Plocha tabule:

$$S_t = a \cdot b \quad [\text{mm}^2] \quad (3.1)$$

kde:  $a$  [mm] – délka tabule  
 $b$  [mm] – šířka tabule

$$S_t = 940 \cdot 46 = 695\,600 \text{ mm}^2$$

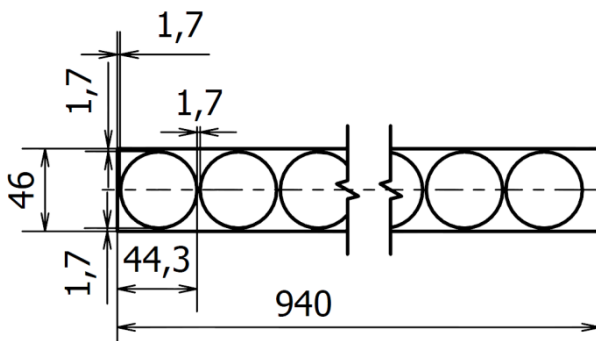
Plocha všech výrobků na plechu:

$$S_1 = 1426,085 \text{ mm}^2$$

$$S_v = S_1 \cdot p \quad [\text{mm}^2]$$

kde:  $S_1$  [mm] – plocha jednoho výstřížku  
 $p$  [mm] – počet ks na plechu

$$S_v = 1426,085 \cdot 336 = 479\,164,56 \text{ mm}^2$$



Obr. 4.5 Nástřihový plán – upravené hodnoty

(3.1)

Ukazatel využití materiálu:

$$U_m = \frac{S_v}{S_t} \cdot 100 \quad [\%]$$

kde:  $S_v$  [mm<sup>2</sup>] – plocha výrobků  
 $S_p$  [mm<sup>2</sup>] – plocha tabule plechu

$$U_m = \frac{479\,164,56}{695\,600} \cdot 100 = 68,88 \%$$

### b) Střih pásu příčně 740x45,85 mm

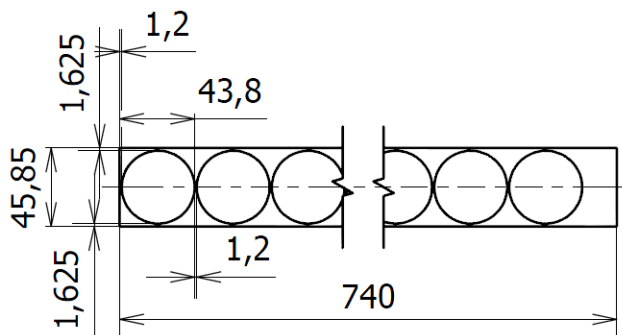
Počet pásků z tabule: 20,5 → 20

Počet kusů z pásu plechu: 16

Počet kusů z tabule: 320

Při výpočtu bylo zjištěno, že se na pás plechu vejde 21 ks formiček. Na konci pásu i tabule bude nevyužitý odpad. Jako v předchozím případě byla zvolena větší přepážka odpadu. Využitelnost materiálu se nezmění.

Potom bude:



Obr. 4.6 Nástřihový plán

### Střih pásu podélně 740x46 mm – upravené hodnoty

$E = 1,7 \text{ mm}$

$F = 3,4 \text{ mm}$

Plocha všech výrobků na plechu:

$$S_v = 1426,085 \cdot 320 = 456\,347,2 \text{ mm}^2$$

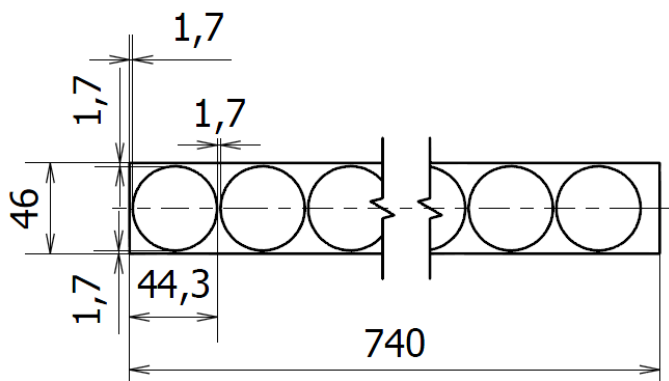
Ukazatel využití materiálu:

$$U_m = \frac{S_v}{S_t} \cdot 100 [\%] \quad (3.1)$$

kde:  $S_v$  [mm<sup>2</sup>] – plocha výrobků  
 $S_t$  [mm<sup>2</sup>] – plocha tabule plechu

$$U_m = \frac{456\,347,2}{695\,600} \cdot 100 = 0,656 = 65,6 \%$$

Další možností je využít dělení plechu na jiné formáty, které firma může rozdělit. Na rozdíl od standardního formátu 940x740, který je největší, je cena dělení započítána v základní ceně materiálu a ostatní zvolené formáty plechů jsou dražší. Cena dělení materiálu pro libovolné formáty začínají od 50€ za tunu. Toto navýšení ceny polotovaru se určitě projeví v celkové ceně za konečný výrobek. Navíc využitelnost materiálu malého formátu nemusí být tak vysoká. Jeden z menších formátů, který firma může nabídnout, je 765x535.



Obr. 4.7 Nástřihový plán – upravené hodnoty

## Varianta 2

Formát plechu: 765x535 mm

Postupujeme stejně jako v předchozím bodu u výpočtů velkého formátu. Výpočet je pouze proveden na základní nástřelové úrovni.

### Střih pásu podélně 765x45,85 mm

Počet pásů z tabule: 11

Počet kusů z pásu plechu: 17

Počet kusů z tabule: 187

$$S_t = a \cdot b = 765 \cdot 535 = 409\,275 \text{ mm}^2$$

$$S_v = S_1 \cdot p = 1426,085 \cdot 187 = 266\,677,895 \text{ mm}^2$$

$$U_m = \frac{S_v}{S_t} \cdot 100 = \frac{266\,677,895}{409\,275} \cdot 100 = 0,6515 = 65,15 \%$$

### Střih pásu příčně 535x45,85 mm

Počet pásů z tabule: 16

Počet kusů z pásu plechu: 12

Počet kusů z tabule: 192

$$S_t = a \cdot b = 765 \cdot 535 = 409\,275 \text{ mm}^2$$

$$S_v = S_1 \cdot p = 1426,085 \cdot 192 = 273\,808,32 \text{ mm}^2$$

$$U_m = \frac{S_v}{S_t} \cdot 100 = \frac{273\,808,32}{409\,275} \cdot 100 = 0,6690 = 66,9 \%$$

Ze všech výpočtů je patrné, že ukazatel využití materiálu nejlépe vychází u varianty 1 a), kde je podélné stříhání u tabule plechu 940x740 mm a využití materiálu je 68,88 %. U menšího rozměru tabule je velmi patrné, že u příčného dělení je lepší využití materiálu.

Nespornou výhodou je i to, že pás stříhu podélného je delší. Proto bude stříhání rychlejší, neboť z jednoho založeného pásu do nástroje bude vystřiženo více polotovarů. Další výhodou je, že materiál je rozdělen ve standardní tabuli a příplatek za dělení materiálu nebude účtován.

### 4.3 Technologické výpočty [2], [3], [4], [11], [15]

a) Počet tažných operací dle 3.1

$$m_1 = \frac{d_1}{D} = \frac{30,8}{42,6} = 0,72$$

⇒ Výtažek je vyrobitelný na jednu tažnou operaci

b) Výpočet přidržovače

$$\alpha = 50 \cdot \left( z - \frac{\sqrt{s_0}}{\sqrt[3]{D_0}} \right) = 50 \cdot \left( 1,9 - \frac{\sqrt{0,24}}{\sqrt[3]{42,6}} \right) = 88$$

$$\frac{100 \cdot d}{D_0} = \frac{100 \cdot 30,8}{42,6} = 72,3$$

$$88 > 72,5$$

⇒ Z výsledku  $\alpha \geq \frac{100 \cdot d}{D_0}$  a je zcela patrné že přidržovač je nutný.

c) Přidržovací síla

$$F_p = S_p \cdot p_p = \left( \frac{\pi \cdot D_0^2}{4} - \frac{\pi \cdot d_1^2}{4} \right) \cdot p_p = \left( \frac{\pi \cdot 42,6^2}{4} - \frac{\pi \cdot 30,8^2}{4} \right) \cdot 2 = 1425,3 - 745,1 = 680,2 \cdot 2 = 1\,360,4 \text{ N}$$

- pro měkkou ocel  $p_p = 2,0 - 3,5 \text{ MPa}$

-  $p_p$  je zvolena 2,0 pro malou tloušťku plechu.

⇒ Přidržovací síla je 1 360,4 N

Tab. 3 Vlastnosti přidržovací pružiny, viz příloha č. 2:

Vůle mezi závity volné pružiny	a	8,500 mm
Stoupání volné pružiny	t	16,500 mm
Součinitel koncentrace napětí	K <sub>w</sub>	1,000 ul
Tuhost pružiny	k	39,641 N/mm
Deformace pružiny při minimálním zatížení	s <sub>1</sub>	30,272 mm
Deformace v plně zatíženém stavu	s <sub>8</sub>	44,499 mm
Deformace pružiny při mezním zatížení	s <sub>9</sub>	68,000 mm
Mezní zkušební délka pružiny	L <sub>minf</sub>	91,680 mm
Teoretická mezní délka pružiny	L <sub>g</sub>	82,000 mm
Síla pružiny v mezním stavu	F <sub>9</sub>	2695,602 N
Napětí při minimálním zatížení	τ <sub>1</sub>	286,479 MPa
Napětí při maximálním zatížení	τ <sub>8</sub>	421,124 MPa
Dosedací napětí	τ <sub>9</sub>	643,528 MPa
Kritická rychlost pružiny	v	6,782 mps
Vlastní kmitočet pružiny	f	144,289 Hz
Deformační energie	W <sub>8</sub>	39,248 J
Délka drátu	l	1612,800 mm
Hmotnost pružiny	m	0,636 kg
Výsledek kontroly pružiny		<b>Kladný</b>

d) Výpočet tažné síly lisu

$$F_t = \pi \cdot d \cdot s_0 \cdot R_m = \pi \cdot 30,8 \cdot 0,24 \cdot 378 = 2797,3 \text{ N} \quad [\text{N}]$$

- V našem případě je výpočet pouze orientační, protože nedochází jen k tažení válcového výtažku, ale i k tvarování, proto skutečná síla bude daleko větší

⇒ Tažná síla lisu musí být 2 797,3 N

e) Poloměr zaoblení tažníku

$$R_{ta} = 0,8 \cdot (D_0 - d) \cdot s_0 = 0,8 \cdot (42,6 - 30,8) \cdot 0,24 = 2,26 \text{ mm}$$

⇒ Poloměr zaoblení tažníku 2,26 mm

f) Poloměr zaoblení tažnice

$$R_{te} = 0,8 \cdot \sqrt{(D_0 - d) \cdot s_0} = 0,8 \cdot \sqrt{(42,6 - 30,8) \cdot 0,24} = 1,35 \text{ mm}$$

⇒ Poloměr zaoblení tažnice 1,35 mm

g) Tažná mezera

$$z = 1,2 \cdot s_0 = 1,2 \cdot 0,24 = 0,288 \text{ mm}$$

⇒ Tažná mezera 2,26 mm

h) Výpočet střížné síly

$$F_s = \tau_{ps} \cdot l \cdot s_0 \cdot n = R_m \cdot 0,8 \cdot \pi \cdot D_0 \cdot s_0 \cdot n = 378 \cdot 0,8 \cdot \pi \cdot 42,6 \cdot 0,24 \cdot 1,2 = 11\,655,5 \text{ N}$$

kde:  $\tau_{ps} = R_m \cdot 0,8$

$l$  [mm] – délka střížné hrany

$n$  [-] – koeficient otupení střížných hran 1,15-1,5

⇒ Střížná síla je 11 655,5 N

i) Výpočet stírací síly

$$F_{st} = S_t \cdot C = 11\,655,5 \cdot 1 = 11\,655,5 \text{ N}$$

kde:  $C$  [-] – součinitel stírací síly

$C = 0,02 - 0,12$  pro  $s_0 < 1 \text{ mm}$

$C = 0,06 - 0,12$  pro  $1 \leq s_0 \leq 5 \text{ mm}$

$C = 0,08 - 0,20$  pro  $s_0 > 5 \text{ mm}$

⇒ Stírací síla je 11 655,5 N

j) Výpočet celkové síly pro stříhání

$$F_c = F_s + F_{st} = 11\,655,5 + 11\,655,5 = 23\,311 \text{ N}$$

kde:  $C$  [-] – součinitel stírací síly

$C = 0,02 - 0,12$  pro  $s_0 < 1 \text{ mm}$

$C = 0,06 - 0,12$  pro  $1 \leq s_0 \leq 5$

⇒ Celková střížná síla je 23 311 N

k) Výpočet celkové práce pro stříhání

$$A_t = \frac{k \cdot F_c \cdot h}{1000} = \frac{\frac{2}{3} \cdot 23\,311 \cdot 11}{1000} = 170,9 \text{ J}$$

⇒ Celková práce je 170,9 J

#### 4.4 Návrhy možné výroby

Návrh výroby snižuje celkové náklady a cenu dané součásti. Pokud je to možné, je lepší co nejvíce operací zhotovit na jednom nástroji. Je třeba však dobře rozmyslet všechny aspekty výroby. Sdružené nástroje slučují více operací v jednom nástroji, ale výroba nástroje je podstatně dražší. Rozdělená výroba do dvou nástrojů a více nástrojů je méně efektivní, ale výrobní náklady nástrojů jsou menší. Vše se odvíjí od velikosti vyráběné série.

Možnosti výroby:

Návrh č. 1

1. operace – vystřížení kruhového rondelu
2. operace – tažení z kruhového rondelu

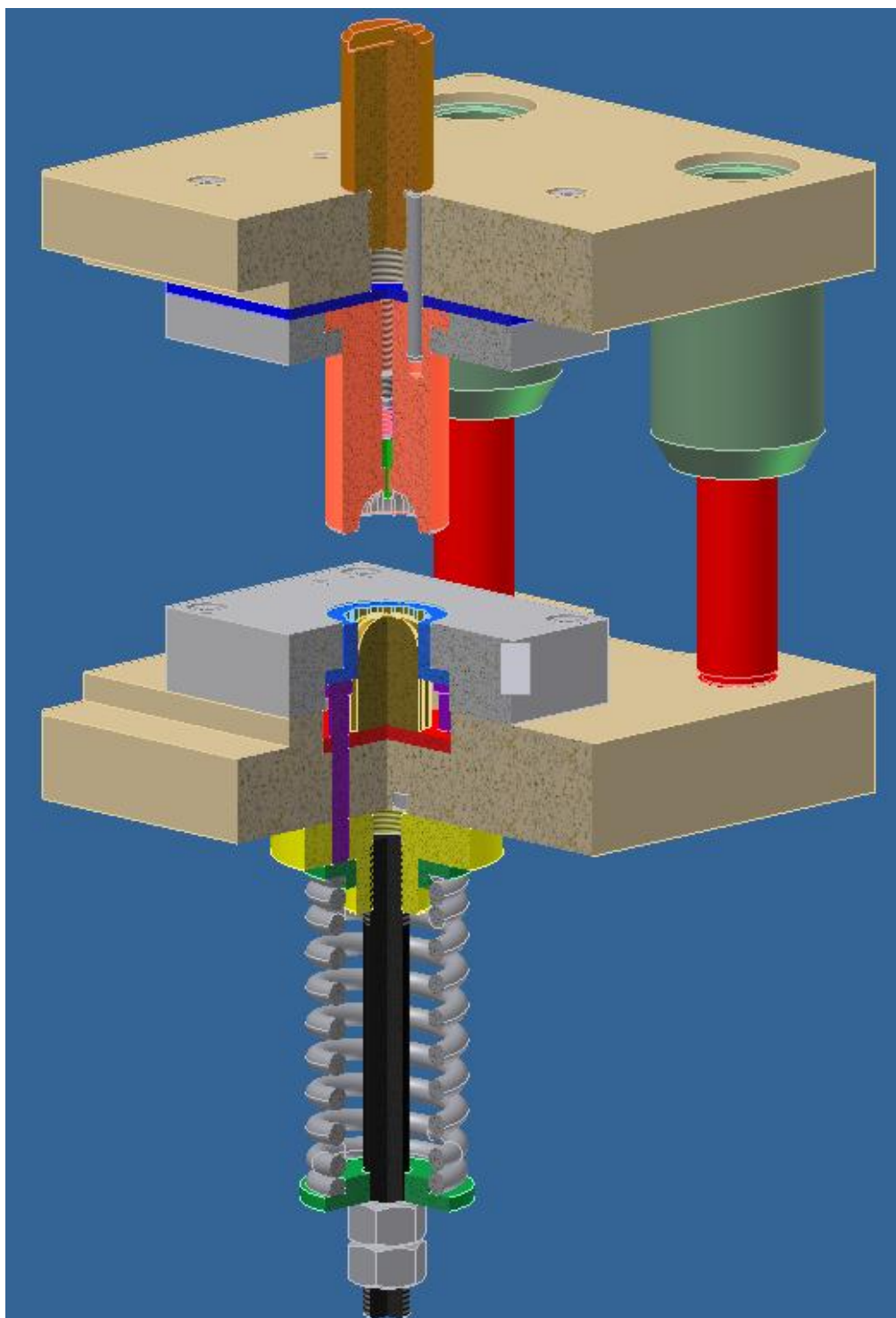
Návrh č. 2

1. operace – stříh a tah pomocí sdruženého nástroje

Jelikož se jedná o malou sérii 100 000 ks/rok je zvolen návrh č. 1. Strojní vybavení je jednodušší, proto výrobní cena nástrojů bude nižší.

## 5 NÁVRH NÁSTROJE [7]

Při navrhování nástroje bylo postupováno z velké části podle interních zvyklostí a směrnic. Některé komponenty byly zkonstruovány dle norem. Bylo tak postupováno hlavně proto, že nástroje tímto způsobem nebo velice podobně zkonstruované již 15 let bezproblémově fungují. Novinkou v návrhu nástroje oproti předchozím je umístění kalené vložky pod tažník. Doposud se ani nekonstruovala kalená opěrná deska a tažníky či tažnice se zamačkávaly do základní a vrchní desky.



Obr. 5.1 Řez nástrojem



Byla vybrána konvenční technologie zpětného tažení, viz obr. 5.1. Tažnice s osazením je upevněna na vrchní desku pomocí kotevní desky. Nad kotevní deskou je umístěna opěrná deska, která snižuje protlačování. Kotevní a opěrná deska jsou přišroubovány a spojeny kolíky k vrchní desce. Tažnice je přikolíkovaná k vrchní desce a tím je zajištěna proti pootočení. Uvnitř tažnice je umístěn vyhazovač. Na vrchu základní desky je přišroubovaná stopka.

Na spodní zahloubené desce je umístěná kalená vložka, která je spolu s tažníkem přišroubovaná a spojená kolíky k základní desce. Okolo tažníku je přidržovač, který je veden jak jádrem, tak i přidržovací deskou. Na přidržovač doléhají kolíky a ty přenášejí sílu na pružinu, která je umístěna pod stolem lisu.

## 5.1 Volba materiálů [7], [8]

Materiály tažníku a tažnice jsou zvoleny 19 436 - tvrdost  $60 \pm 2$  HRC

Materiál přidržovače je zvolen 19 436 - tvrdost  $56 \pm 2$  HRC

Kalená deska je 14 220 - tvrdost  $56 \pm 2$  HRC

Volba základní a vrchní desky z 11 600

Vrchní a základní deska by mohla být zvolena z materiálu 11 373 nebo z podobného. Zkušenosti však napovídají, že tlak na tažník a tažnici je tak velký, že je zatlačuje do obou desek. Po vyrobení určitého počtu kusů se desky musejí přebrousit.

Ostatní součásti jsou normalizované nebo vyrobené z konstrukčních ocelí obvyklých jakostí.

### Výběr použitých materiálů z tabulek:

Materiál 19 436.4

Vysokolegovaná chromovaná ocel určená ke kalení na vzduchu, a v oleji. Dobrá odolnost proti opotřebení, dobře obrobitelná, velká prokalitelnost

ŽM:  $800 - 940$  °C; K:  $920 - 970$  °C – olej; P:  $180 - 250$  °C

V praxi se tato ocel používá pro konstrukci tažníků tažnic, střížníků a střížnic,...

Materiál 11 600

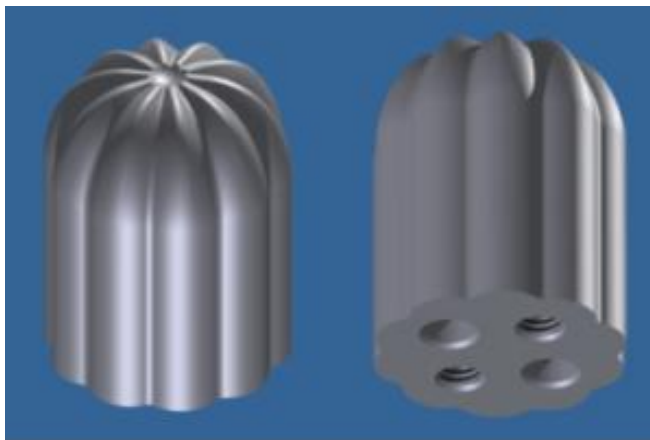
Konstrukční ocel obvyklých jakostí. Vhodná ocel pro namáhané součásti, kované, lisované, které jsou vystavené velkému tlaku. Svařitelnost obtížná.

$R_m = 590 - 705$  MPa

## 5.2 Části nástroje

### Tažník

Je umístěn na základní desce na kalené vložce a je přišroubován dvěma šrouby M6, viz obr. 5.2. Přesná pozice je zajištěna dvěma kolíky Ø6. Tažník má tvar vnitřního tvaru formičky, proto musí mít i po obvodu tvarové vlny. Tažník nelze konstrukčně zjednodušit např. do kruhového tvaru. Tažník je namáhaný na otěr a tlak.

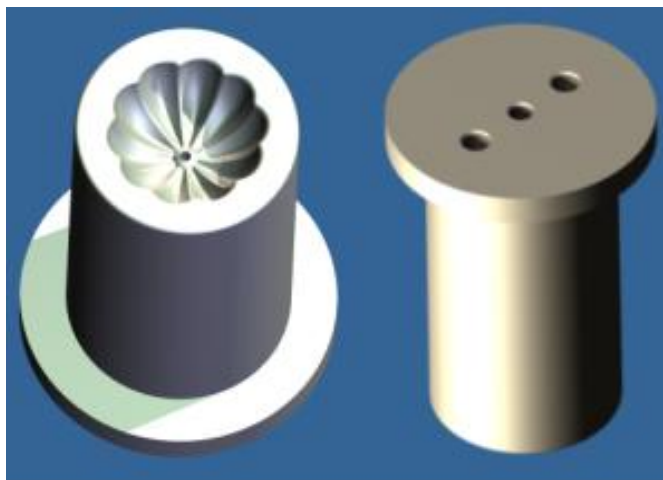


Obr. 5.2 Tažník



### Tažnice

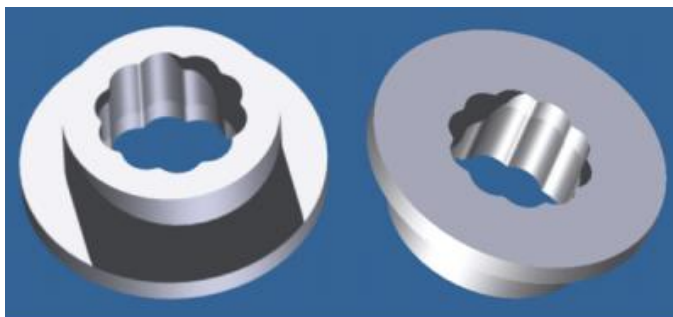
Je umístěna na vrchní desce a na kalené opěrné desce. Je zasazena do kotevní desky, a její pozice je zajištěna dvěma kolíky Ø6, viz obr. 5.3. Uvnitř tažnice je otvor pro vyhazovač, který zamezí, aby uvnitř tažnice nezůstala součást. Tažnice zapadá vnitřkem do tažníku, avšak má nastavenou tažnou vůli podle technologických výpočtů, aby tažení proběhlo bez komplikací. Tažnice je namáhána na otěr a tlak.



Obr. 5.3 Tažnice

### Přidržovač

Přidržovač objímá vnitřním otvorem tažník. Osazení zapadá do přidržovací desky a ta zajišťuje jeho svislou opěrnou pozici. Na spodní část doléhají kolíky, na které působí síla přidržovací pružiny, viz obr. 5.4. Přidržovač je podbroušen pod úroveň přidržovací desky, aby přiložený rondel měl definovatelnou pozici. Přidržovač je velmi namáhán na otěr a také na něj působí rázy tažnice.



Obr. 5.4 Přidržovač

## 6 VOLBA LISU [12]

Výběr lisu je velice důležitý jak pro kvalitu výstřižku, tak pro celkovou údržbu a obsluhu. Pro tento projekt bude použit lis LEN 25 C, viz obr. 6.1, který je k dispozici a je nejbližší vhodný.

LEN 25C Toma Industries s.r.o., Trnava

Stroj byl vybírán z těchto požadavků:

- Velikost střížné síly a práce nástroje
- Velikost pracovního prostoru
  - nutnost nástroj podložit, neboť výška nástroje je 175 mm (tažnice dosedá na tažník)
- Podle předešlých zkušeností obsluhy (spokojenost, spolehlivost,...)
- Univerzálnosti stroje (V dnešní době je tento bod volby stroje velice podceňovaný. Jde o to, že pokud skončí výroba tohoto výrobku, je poté těžko využitelný pro jinou výrobu. Pokud je zvolen podle možností silnější a univerzální stroj, je poté lépe využitelný pro další potenciální výrobu.)
- Cena lisu 21.300,- EUR (pokud by byl pořizován nový)

Velikost střížné síly je 32 311 N a velikost tažné síly je 2 797,3 N a jmenovitá síla lisu je 250 kN. Z toho je jasné, že lis je silně předimenzován, tudíž silově vyhovuje výrobě.



Obr. 6.1 Výstředníkový excentrický lis LEN 25C [12]

## 7 TECHNICKO-EKONOMICKÉ HODNOCENÍ [7], [14]

Metoda konvenčního tažení, která byla vybrána pro výrobu formičky na cukroví, je velice produktivní bezodpadová technologie výroby dané součásti. Je třeba shrnout všechny vstupní a výstupní hodnoty, které ovlivňují cenu finálního výrobku a tím přímo ovlivňují celkový zisk z výroby. Návrhnost investic a zisk ovlivňuje celá řada faktorů (cena nástroje, stroje, materiálu, přípravků,...) a vše je třeba započítat do rozvah ekonomického hodnocení.

### A. Výpočet nákladů na materiál

Formát plechu je zvolen standardní dle výrobce 0,24x940x740 mm. Je vybrán jako největší možný formát pro rozdělení materiálu v průběžných nůžkách, které jsou na firmě k dispozici. Pro malé procentuelní využití materiálu nejsou doporučeny menší formáty plechu. Existuje nepsané pravidlo a to říká, že čím větší je tabule plechu, tím větší je jeho využitelnost. Toto pravidlo vždy neplatí.

Formát plechu: 940x740 mm

Cena za kilogram: 36 Kč

Váha jedné tabule: 1,311 kg

Cena jedné tabule: 47,2 Kč

Cena výkupu odpadu: 3 Kč/kg

### B. Výpočet spotřeby materiálu

Výpočet je základem každého ekonomického hodnocení. Ukazuje základní využitelnost materiálu o nejlepším a nejekonomičtějším umístění výrobků na pásu či tabuli plechu. Vychází z nástřihového plánu a při volbě lepšího rozložení na pásu to znamená finanční i časové úspory.

Počet ks z tabulí 336 ks

Předpokládaná výrobní série bude 100 000 ks

Předpokládaný počet zmetků bude cca  $2 \% \frac{100\,000}{100} \cdot 2 = 2000$  ks

⇒ Počet zmetků 2000 ks

Celkový počet vyráběných kusů  $100\,000 + 2000 = 102\,000$  ks

Počet tabulí pro výrobu série  $\frac{102\,000}{336} = 303,6$  ks

Hmotnost tabulí  $303,6 \cdot 1,311 = 398$  kg

Cena materiálu

$398 \cdot 36 = 14\,328$  Kč

⇒ Náklady na cenu materiálu jsou 14 328 Kč

### C. Zhodnocení odpadu

Odpad je materiál, který je pro další výrobu nevyužitý nebo velmi těžko využitelný. U tohoto výrobku podélným stříhem není možno odpad použít pro podobné výrobky.

Cena materiálu  $398 \cdot 36 = 14\,328$  Kč

Využitelnost materiálu je 68,88 %, tudíž odpad je 31,12%. Z celkové hmotnosti je třeba vypočítat hmotnost odpadu, který bude vykoupen za odpadovou hodnotu.

Hmotnost odpadu  $\frac{398}{100} \cdot 31,12 = 123,6$  kg

Cena vykoupěného dopadu  $123,6 \cdot 3 = 370,8$  Kč

⇒ Odpad bude vykoupen za 370,8 Kč

## D. Ceny energií

Cena energií je nedílnou součástí konečné ceny součástí. Do energií se musí započítat veškerá spotřeba energie (stroj, světelná energie, tepelná energie,...).

Přehled časů:

Předpokládaná pracovní doba na jednu směnu je 8 hodin (0,5 hodiny je určeno pro odpočinek pracovníka a čas ztrátový). Z toho 0,5 hodiny je určeno pro přípravné operace a 0,5 h pro kontrolní operace.

Přípravné operace 0,5 h

Kontrolní operace 0,5 h

Čistý pracovní čas 6,5 h

### - Operace stříhání

Maximální počet vyrobených kusů za minutu je 60, to je ovlivněno výkonností lisu

Maximální počet vyrobených kusů za směnu je  $60 \cdot (6,5 \cdot 60) = 60 \cdot 390 = 23\,400$  ks

Tento počet při stříhání ve skutečném provozu lze bezproblémově dosáhnout. Na lisu LEN 25C lze dosáhnout i 80 ks za minutu, i když výrobce uvádí pouze 60 zdvihů za minutu.

Výroba jednoho výstřížku bude trvat 1s (podle možností lisu)

Výroba požadované série 102 000 kusů bude přibližně trvat:

$$\frac{102\,000}{23\,400} = 4,36 \text{ pracovních dní}$$

### - Operace tažení

Maximální počet vyrobených kusů za minutu je určen a činí 60 ks/min

Maximální počet vyrobených kusů za směnu  $20 \cdot (6,5 \cdot 60) = 20 \cdot 390 = 7\,800$  ks

Tento počet ve skutečném provozu nepůjde dosáhnout hlavně proto, že operace je více náročná a bude trvat déle než 1 vteřinu.

Frekvence výroby se bude odvíjet od mnoha aspektů. V první operaci bude založení rondelu do nástroje, další operací bude tažení dvojručním spuštěním a nakonec vyjmutí hotové formičky z nástroje.

Výroba jedné formičky bude trvat 3s

Maximální počet vyrobených kusů za minutu je tedy 20 - ovlivněno technologií výroby

Maximální počet vyrobených kusů za směnu je  $20 \cdot (6,5 \cdot 60) = 20 \cdot 390 = 7\,800$  ks

Výroba požadované série 102 000 kusů bude přibližně trvat:

$$\frac{102\,000}{7800} = 13,076 \Rightarrow 13,1 \text{ pracovních dní}$$

### - Operace balení a expedice

Dobrou prodejnost podporuje správné a vhodné balení. Obal výrobku je to, co potenciální zákazník nejprve uvidí, proto musí být dostatečně atraktivní a musí klienta přitáhnout. Balení a expedice jsou asi časově nejnáročnější operace v této výrobě.

Obal musí zajistit, aby se výrobek dostal k zákazníkovi v prvotřídní kvalitě, a musí zamezit poškození. Lze použít hodně druhů obalů, jako jsou krabičky, sáčky,...apod. Ve firmě Kovovýroba Jeníkov, která se dlouhodobě zabývá touto výrobou, se hotové výrobky balí do tzv. „skin“ balení. Teplem smršťitelná fólie je zahřátá přibližně na 50°C a je vakuově přisáta na tvrdý papír. Tato technologie má jednu výhodu, že ochraňuje výrobky proti vlhkosti a tím je zmenšena možnost vzniku koroze při uskladnění nebo prodeji. Výhoda je i v tom, že výrobky jsou na první pohled viditelné a zákazník nemusí při výběru výrobku u prodejního pultu rozdělovat balení jako třeba u krabiček. Při rozbalování neprůhledných obalů může dojít k jejich poškození a navíc se zvětšují drobné krádeže formiček, které jsou v krabičce uloženy volně.

Podkladový papír 5,20 Kč/ks – dvoubarevný návrh 870 x 620 mm (dále plato)  
Reálně je možno z podkladového papíru získat 12 balení po 20 kusech formiček.

Teplem smrštitelná fólie je vhodná pro balení v potravinářském průmyslu

Cena role je 2450 Kč při síle 150  $\mu\text{m}$ , váha role 17kg, přibližná délka 500 m

Délka zpracované fólie je 870 mm + nutné okraje 2+2 cm (nutný odpad)

Počet zabalených plat z role fólie:

$$\frac{500}{0,91} = 549,4 \Rightarrow 549 \text{ ks}$$

Cena fólie na jedno plato:

$$\frac{2450}{549} = 4,46 \text{ Kč}$$

Cena balení jednoho plata

$$5,20 + 4,46 = 9,66$$

Cena balení jednoho konečného balení po 20 ks

$$\frac{9,66}{12} = 0,805 \text{ Kč}$$

Zaokrouhlení ceny je na 1 Kč pro eliminaci náhodných chyb a tím se zajistí i rezervy pro případy, kdy se operace balení nezdaří.

$\Rightarrow$  Náklady na zabalení 1 balení je 1 Kč

Počet balení pro celou sérii

$$\frac{100\,000}{20} = 5000 \text{ ks}$$

Cena zabalení celé série

$$5000 \cdot 1 = 5\,000 \text{ Kč}$$

$\Rightarrow$  Náklady na zabalení 100 000 ks formiček je 5 000 Kč

### Náklady na pomocné prostředky

Pro přepravu k zákazníkovi je třeba zboží dobře zabalit pro ochranu a zmenšení škod při přepravě. K přepravě je dobré použít tvrdého papírového kartonu. Do kartonu (krabice klopová 400x300x200) lze dát cca 120 ks sad balení. Krabice jsou voleny malého formátu, z důvodu nižší hodnoty. Cena za 1 ks krabice je 18,20 Kč

$$\frac{5000}{120} = 41,7 \text{ ks}$$

$$41,7 \cdot 18,20 = 758,94 \Rightarrow 759 \text{ Kč}$$

Aby byly výsledky konečných cen korektní, je třeba započítat i veškeré spotřební zboží (kancelářský papír, izolepy, strech fólie, popisové fixy, ...), které se při výrobě používá. Zde je také započítána cena dopravy a poštovního.

U takto malé vyráběné série budou předpokládané náklady na spotřební zboží cca do 2000 Kč.

$$2000 + 759 = 2\,759 \text{ Kč}$$

$\Rightarrow$  Náklady pomocné prostředky 2 759 Kč

### Náklady na provoz baličky

Výkon baličky  $P_b = 3,75 \text{ kW}$

Cena elektrické energie  $C_e = 4,54 \text{ Kč/kWh}$

Čas balení  $t_b = 3 \text{ ks/min} \Rightarrow 180 \text{ ks/hod}$

Čas potřebný pro zabalení

$$\frac{5000}{180} = 27,8 \text{ hod}$$

Výpočet směn potřebných na balení:

$$\frac{27,8}{8} = 3,475 \Rightarrow 4 \text{ pracovní směny}$$

K času balení se musí započítat 4 x 30 min nahřívání před balením

$$t_b = 27,8 + 2 = 29,8 \text{ hod}$$

$$N_b = P_b \cdot C_e \cdot t_b = (2 \cdot 4,54 \cdot 29,8) = 270,5 \text{ Kč}$$

⇒ Náklady na energii balení je 270,5 Kč

### **Náklady na provoz lisu**

Výkon lisu  $P_l = 5 \text{ KW}$

Cena elektrické energie  $C_e = 4,54 \text{ Kč/kWh}$

Čas strojů  $t_l = 4,36 + 13,1 = 17,46 \text{ dnů} \Rightarrow 419,04 \text{ hod.}$

$$N_l = P_l \cdot C_e \cdot t_l = (5 \cdot 4,54 \cdot 419,04) = 9\,512,2 \text{ Kč}$$

⇒ Náklady na energii lisování je 9 512,2 Kč

### **Náklady na provoz ostatních pomocných elektrických strojů**

Ostatními pomocnými elektrickými stroji se rozumí např. kompresor 2x5 KW, nůžky 3KW,...

Výkon všech ostatních elektrických strojů a pomůcek  $P_s = 14 \text{ KW}$

Cena elektrické energie  $C_e = 4,54 \text{ Kč/kWh}$

Výkon kompresoru  $70 \text{ m}^3/\text{hod}$

Celkový potřebný vzduch na celou sérii při lisování je  $1020 \text{ m}^3$

$$\frac{1020}{70} = 14,57 \Rightarrow 14,6 \text{ hod}$$

Na střihání je potřeba 1 hod

Dobu osvětlení dílny je třeba počítat sečtením všech časů. Pokud bude pracovat pouze jeden dělník na všem, může obsluhovat jen jednu operaci, proto musí svítit vždy.

$$N_e = P_s \cdot C_e \cdot t_s = (10 \cdot 4,54 \cdot 14,6) + (3 \cdot 4,54 \cdot 1) = 662,84 + 13,62 = 676,46 \text{ Kč}$$

⇒ Náklady na energii pomocných el. strojů je 676,46 Kč

### **Ostatní náklady elektrické energie na provoz**

Tyto náklady jsou počítány pouze pro výrobu jednoho druhu formičky ve velkém množství. Pokud je výroba v kooperaci s jinou výrobou, vždy se tyto energie dělí. Propočty jsou provedeny přibližně. Ve skutečnosti by pravděpodobně měly být větší.

(světla 1KW, topení, ...)

Topení za rok 40 000 Kč – určeno pro zjednodušení

Náklady na tepelnou energii budeme počítat přibližně pro dobu všech prací, které budou trvat 840,1 hod  $\Rightarrow 6,5$  měsíce

Energie na teplo:

$$N_t = \frac{40\,000}{12} \cdot 6,5 = 21\,666,7 \text{ Kč}$$

⇒ Náklady na tepelnou energii jsou 21 666,7 Kč

Světelná energie:

$$N_{sv} = P_{sv} \cdot C_e \cdot t_{sv} = (1 \cdot 4,54 \cdot 840,1) = 3814,1 \text{ Kč}$$

⇒ Náklady na světelnou energii jsou 3 814,1 Kč

Celkové náklady na energie

$$N_c = N_b + N_l + N_e + N_t + N_{sv} = 270,5 + 9\,512,2 + 676,46 + 21\,666,7 + 3814,1 = 35\,939,9 \Rightarrow 35\,940 \text{ Kč}$$

⇒ Celkové náklady na energii jsou 35 940 Kč

## E. Náklady na mzdy

Do nákladů na mzdy nelze započítat jen základní plat pro dělníka, ale je třeba započítat všechny aspekty, jako jsou sociální a zdravotní pojištění a ostatní potřebné parametry.

K zajištění všech operací bude stačit pouze 1 dělník. První operací bude stříhání rondelů plechu z pásků. Další operací bude tažení z kruhového přístřihu. Poslední operací bude balení a expedice. Po všech výrobních operacích je výrobek připraven k prodeji.

Do této kategorie patří všechny ostatní práce. Časově nejnáročnější práce jsou manuální. Jedna z manuálních prací je skládání a rovnání formiček a jejich připravení na plata k balení. Další náročnou prací je rozstřihání plat, které musejí být rozděleny na jednotlivé díly, zalepení do přepravního kartonu a uložení ve skladu. Časy těchto operací nejdou vypočítat, proto jsou odhadnuty podle praktických zkušeností. V praxi jsou ruční práce přibližně stejně dlouhé jako lisování a dělení.

Čas lisování a dělení  $1 + 419,04 = 420,04$  hod

Čas pro ruční bude 420,04 hod

Celkový čas pro výrobu série touto metodou bude:

$$t_c = 420,04 \cdot 2 = 840,08 \Rightarrow 840,1 \text{ hod}$$

Náklady na mzdu dělníka

Základní plat dělníka 120 Kč/hod

Výše sociálního a zdravotního pojištění 34%

$$\text{Superhrubá mzda} \left( \frac{120}{100} \cdot 34 \right) + 120 = 160,8 \text{ Kč}$$

$$N_d = 840,1 \cdot 160,8 = 135\,088,1 \text{ Kč}$$

$\Rightarrow$  Náklady na plat dělníka jsou 135 088,1 Kč

## F. Nástrojová rozvaha

Pro výrobu je potřeba dvou nástrojů (střížný a tažný). Do koncové ceny je třeba započítat i náklady na výrobu obou nástrojů. Přibližné ceny nástrojů jsou odhadovány podle praxe.

Střížný nástroj – 40 000 Kč

Tažný nástroj – 120 000 Kč

$\Rightarrow$  Celková cena nástrojů je 160 000 Kč

Tyto nástroje vykazují velkou spolehlivost a životnost oproti nástrojům sdruženým.

Střížný nástroj – na 5 000 000 ks

Tažný nástroj – na 3 000 000 ks

Po vyrobení těchto mezních stavů se nástroje musí z velké části zrenovovat a jejich poruchovost stoupá s počtem vyrobených kusů.

$$\frac{40\,000}{5\,000\,000} = 0,008 \text{ Kč/ks}$$

$\Rightarrow$  Náklady střížného nástroje na vyrobení 1 ks formičky je 0,008 Kč

$$\frac{120\,000}{3\,000\,000} = 0,04 \text{ Kč/ks}$$

$\Rightarrow$  Náklady tažného nástroje na vyrobení 1 ks formičky je 0,04 Kč

Náklady nástrojů na vyráběnou sérii

$$(0,008 + 0,04) \cdot 102\,000 = 4\,896 \text{ Kč}$$

$\Rightarrow$  Náklady nástrojů na výrobu celé série je 4 896 Kč

### G. Celkové náklady

Celkové náklady pro výrobu série 100 000 ks

$$C_c = 14\,328 + 135\,088,1 + 35\,940 + 678,46 + 270,5 + 2\,759 + 5\,000 - 370,8 + 4\,896 = 198\,589,26 \text{ Kč}$$

Zisk počítáme 30%

$$198\,589,26 \cdot 1,3 = 258\,166 \text{ Kč bez DPH}$$

⇒ Celková cena se ziskem 258 166 Kč bez DPH

Mezi ceny nejsou uvedeny ceny nákladů za stroje, protože ty jsou na dílně k dispozici a již v odepsaném stavu. Tudíž tyto náklady budou považovány za nulové.

Cena jednoho vyrobeného kusu formičky bude

$$\frac{258\,166}{100\,000} = 2,58 \text{ Kč bez DPH}$$

⇒ Prodejní cena jedné formičky je 2,58 Kč bez DPH

Pozor!!! Cena za jednu formičku je spočítaná v zabaleném stavu. Pokud by měly být formičky prodávány bez balení je třeba ceny na náklady balení odečíst.

Koncová cena, za kterou se bude prodávat 1 balení formiček po 20 ks.

$$2,58 \cdot 20 = 51,64 \text{ Kč bez DPH}$$

⇒ Celková prodejní cena balení po 20-ti kusech je 51,64 Kč bez DPH

⇒ Z ekonomického hodnocení je patrné, že tato výroba není produktivní. Cena je příliš vysoká a pravděpodobně není konkurence schopná. Za tuto cenu se v kamenných obchodech toto zboží prodává. Výrobní cena podobných formiček je cca do 1 Kč.



## 8 ZÁVĚRY

Z návrhu možností výroby byla navržena technologie tažení formičky pomocí konvenčního tažení na dvě operace. V první operaci vystřížení kruhového rondelu a v druhé operaci hluboké tažení formičky.

Polotovár byl zvolen ve formátu plechu 940 x 740 mm, u kterého nejlépe vychází využitelnost materiálu 68,88 %. Díky podélnému stříhu bude menší pracnost, neboť z jednoho pásu bude vystříženo více kusů.

Byly spočítány všechny potřebné technologické výpočty a z nich byl navržen nástroj. Nástroj je konstrukčně jednoduchý a jeho spolehlivost velice dobrá.

Pro tuto výrobu byl navržen lis LEN 25 C slovenské výroby, který odpovídá všem silovým i rozměrovým parametrům.

V technicko-ekonomickém hodnocení byla spočítána rozvaha výroby. Bylo zjištěno, že výroba není produktivní, jak se zpočátku zdálo. Výsledná cena 2,58 Kč bez DPH nebude uspokojivá pro koncového zákazníka. V dnešní době je výrobní cena takovéto formičky do 1 Kč bez DPH za kus. Nárůst ceny je způsoben zdlouhavou druhou operací pomocí tažného nástroje.

Výrobní cena je velice vysoká a existují způsoby jak ji snížit. V první řadě by bylo dobré zvolit jinou technologii. Existuje technologie, která slučuje dvě operace do jedné. Zajistí stříh a zároveň tažení. Touto technologií dokáže být vyrobeno až 120 ks/min. Nástroj je podstatně konstrukčně náročnější, ale vysoce efektivní. Metoda nemůže být v této práci uvedena, protože firma Kovovýroba Jeníkov si nepřála nástroj, jako svoje know-how, zveřejňovat. Pro malou jednorázovou zakázku o velikosti cca do 150 000 ks se vyplatí sdružený nástroj.

Doporučuji změnit technologii výroby a tím snížit časovou i finanční náročnost.

## SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. *DesignTech* [online]. 2005 [cit. 2011-05-15]. [www.designtech.cz/c/](http://www.designtech.cz/c/plm/k-plastovemu-dilu-cesta-dlouha.htm). Dostupné z WWW: <<http://www.designtech.cz/c/plm/k-plastovemu-dilu-cesta-dlouha.htm>>.
2. DVOŘÁK, Milan, František GAJDOŠ a Karel NOVOTNÝ. *Technologie tváření plošné a objemové tváření*. Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., Brno 2007. ČR. 169 s. [cit. 12. února 2011]. ISBN 978-80-214-3425-7.
3. DVOŘÁK, Milan, et al. *Technologie II*. 3. doplněné vydání. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 2004. 238 s. ISBN 80-214-2683-7.
4. ELFMARK, Jiří, et al. *Tváření kovů*. Praha: SNTL- Nakladatelství technické literatury, 1992. 524 s. ISBN 80-03-00651-1.
5. FOREJT, Milan. *Ročníkový projekt I: Sylabus* [online]. Brno: VUTFSI, 2002 [cit. 2011-05-25]. Dostupné z WWW: <[http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/opory\\_soubory/download/rocnikovy\\_projekt\\_I\\_forejt.pdf](http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/opory_soubory/download/rocnikovy_projekt_I_forejt.pdf)>.
6. *Galvenn s.r.o.* [online]. 2007 [cit. 2011-05-20]. [www.galvenn.cz](http://www.galvenn.cz). Dostupné z WWW: <<http://www.galvenn.cz/index.php?lang=cz&&page=9>>.
7. KOVOVÝROBA JENÍKOV. *Interní materiály firmy.pdf*, Jeníkov 2011 [cit. 21. května 2011].
8. LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky*. 3. doplněné vydání. Úvaly: Albra - pedagogické nakladatelství, 2006. 914 s. ISBN 80-7361-033-7.
9. LENFELD, Petr. [www.ksp.tul.cz](http://www.ksp.tul.cz) [online]. 2008-11-26 [cit. 2011-05-14]. TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERECI, FAKULTA STROJNÍ, ČR. Dostupné z WWW: <[http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta\\_tkp/sekce\\_plasty/04.htm](http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/04.htm)>.
10. LENFELD, Petr. [www.ksp.tul.cz](http://www.ksp.tul.cz) [online]. 2008-11-26 [cit. 2011-05-14]. TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERECI, FAKULTA STROJNÍ, ČR. Dostupné z WWW: <[http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta\\_tkp/sekce/09.htm](http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/09.htm)>.
11. NOVOTNÝ, Karel. *Tvářecí nástroje*. Brno: Nakladatelství VUT v Brně, 1992. 186 s. ISBN 80-214-0401-9.
12. *TOMA INDUSTRIES, spol. s.r.o.* [online]. 2006 [cit. 2011-02-21]. [Www.toma.sk](http://www.toma.sk). Dostupné z WWW: <[http://www.toma.sk/vyrprog\\_produkty\\_vyslisy\\_len.htm](http://www.toma.sk/vyrprog_produkty_vyslisy_len.htm)>.
13. *UVB TECHNIK s.r.o.* [online]. 2011 [cit. 2011-05-25]. [Http://www.uvbtechnik.cz/](http://www.uvbtechnik.cz/). Dostupné z WWW: <<http://www.uvbtechnik.cz/data/files/katalog-tlacnych-pruzin-31.pdf>>.
14. *U. S. Steel Košice, s.r.o.* [online]. 2004 [cit. 2011-05-22]. [www.usske.sk](http://www.usske.sk) Dostupné z WWW: <<http://www.usske.sk/docs/ext-s.htm>>.
15. *VUTFSI v Brně* [online]. 2011 [cit. 2011-05-25]. [Www.kst2.fme.vutbr.cz](http://www.kst2.fme.vutbr.cz). Dostupné z WWW: <[http://kst2.fme.vutbr.cz/tvareni/opory\\_soubory/technologie\\_tvareni/obsah.htm](http://kst2.fme.vutbr.cz/tvareni/opory_soubory/technologie_tvareni/obsah.htm)>.

## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Označení	Legenda	Jednotka
$A_t$	Tažná práce	[J]
$a$	Délka tabule	[mm]
$b$	Šířka tabule	[mm]
$C_e$	Cena elektrické energie	[Kč/kWh]
$D_0$	Průměr přístřihu (rondelu)	[mm]
$d$	Průměr součásti	[mm]
$d_1$	Průměr v první operaci tažení	[mm]
$d_2$	Průměr v druhé operaci tažení	[mm]
$d_3$	Průměr v třetí operaci tažení	[mm]
$E$	Velikost můstku	[mm]
$F$	Velikost přepážky odpadu	[mm]
$F_c$	Celková síla potřebá pro stříh	[N]
$F_p$	Přidržovací síla	[N]
$F_s$	Střížná síla	[N]
$F_{st}$	Stírací síla	[N]
$F_t$	Tažná síla	[N]
$h$	Minimální výška výtažku	[mm]
$k$	Velikost kroku	[mm]
$L$	Délka úseků obrysu výtažku	[mm]
$L_i$	Jednotlivé délky úseků obrysu výtažku	[mm]
$m_1$	Součinitel tažení pro první operaci tažení	[-]
$m_2$	Součinitel tažení pro druhou operaci tažení	[-]
$m_3$	Součinitel tažení pro třetí operaci tažení	[-]
$N_b$	Náklady na provoz baličky	[Kč]
$N_c$	Celkové náklady	[Kč]
$N_d$	Náklady na plat dělníka	[Kč]
$N_l$	Náklady na provoz lisu	[Kč]
$P_b$	Výkon baličky	[kW]
$P_l$	Výkon lisu	[kW]
$p$	Počet ks výrobků na plechu	[ks]
$p_p$	Specifický tlak přidržovače	[MPa]
$R$	Poloměr přístřihu	[mm]
$R_m$	Mez pevnosti materiálu v tahu	[MPa]
$R_{p0,2}$	Smluvní mez kluzu	[MPa]
$R_{ta}$	Poloměr zaoblení tažníku	[mm]
$R_{te}$	Poloměr zaoblení tažnice	[mm]
$r$	Poloměr zaoblení přechodu stěny do výtažku	[mm]
$r_i$	Poloměry těžišť úseků výtažku	[mm]

Označení	Legenda	Jednotka
$r_m$	Poloměr těžiště obrysu výtažku	[mm]
$S_1$	Plocha kruhového rondelu	[mm <sup>2</sup> ]
$S_p$	Účinná plocha přidržovače	[mm <sup>2</sup> ]
$S_t$	Plocha tabule plechu	[mm <sup>2</sup> ]
$S_v$	Plocha výrobků na tabuli	[mm <sup>2</sup> ]
$s_0$	Tloušťka plechu	[mm]
$t_b$	Čas potřebný k balení	[min]
$t_c$	Celkový výrobní čas	[min]
$t_l$	Čas lisování	[min]
$U_m$	Využití materiálu	[%]
$V$	Objem formičky	[mm <sup>3</sup> ]
$z$	Materiálová konstanta	[-]
$\mu$	Součinitel tření	[-]
$\alpha$	Úhel ohybu (opásání) plechu na tažné hraně	[°]
$\alpha_0$	Konstanta přidržovače ČSN 22 7301	[-]
$\Delta s$	Freidlingův koeficient	[-]
$\sigma_1$	Radiální tahové napětí	[MPa]
$\sigma_1$	Napětí vyvolané třením od tlaku přidržovače	[MPa]
$\sigma_{tr}$	Radiální tahové napětí, které vzniká v oblasti příruby	[MPa]

## **SEZNAM PŘÍLOH**

Příloha 1	Technické údaje lisu
Příloha 2	Výpočet tlačné pružiny přidržovače
Příloha 3	Obrázky nástroje

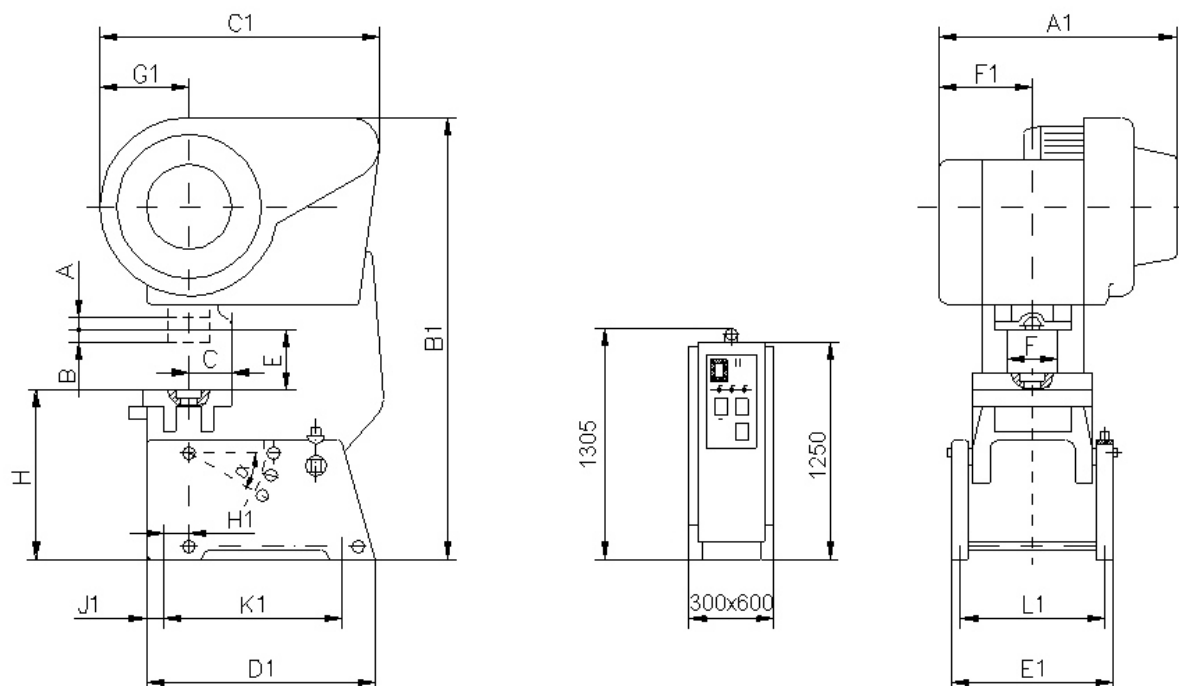
## **SEZNAM VÝKRESŮ**

Výkres 1	2011-A0-0001 Sestava nástroje
----------	-------------------------------

## PŘÍLOHY

Příloha č. 1 – technické údaje lisu [12]

1/2



Obr. 8. Rozměry lisu LEN 25C<sup>[2]</sup>

tab. 7.2. Technické údaje lisu LEN 25C [12]

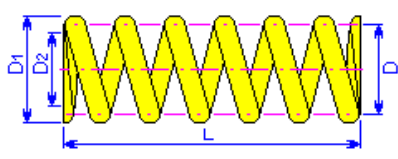
Technické údaje			MJ
Jmenovitá síla lisu		250	kN
Počet zdvihů – trvalý chod P/R		75/155	1/min
Využitelný počet jednotlivých zdvihů P/R		60/	1/min
Maximální hloubka zpracovaného plechu P/R	Trvalý chod	2,5/1,6	mm
	Jednotlivé zdvihy	5/-	mm
Maximální odebraná práce P/R	Jednotlivé zdvihy	630/400	J
	Trvalý chod	320/200	J
Elektromotor	Výkon	2,5/5	kW
	Otáčky	720/1430	1/min
Elektrické napětí	Síťové	380 V/50 Hz	V/Hz
	Ovládací	24 V/50 Hz	
	Osvětlení	24 V/50 Hz	
Tlakový vzduch	Pracovní tlak	0,5 – 0,63	MPa
	Spotřeba vzduchu	0,005	m <sup>3</sup> /zdvih
	Přípojka vzduchu	G 1/2“	

Parametry a rozměry			MJ
Stavitelnost zdvihu	A	8-85	mm
Stavitelnost beranu	B	55	
Vyložení	C	225	
Sevření	E	265	
Průchod	F	250	
Plocha stolu		450 x 560	
Plocha beranu		220 x 355	
Hloubka stolové desky		65	
Rozměry lisu	A1	1125	
	B1	2145	
	C1	1365	
	D1	1075	
	E1	760	
	F1	395	
	G1	455	
	H	800	
	H1	85	
	J1	120	
	K1	835	
	L1;	668	
Sklopení stojanu	$\alpha$	0; 15°; 30°	
Hmotnost lisu		2500	kg



**Generátor komponent tlačných pružin**

**Návrh** **Výpočet**




**Umístění**

☐ Osa

☐ Počáteční rovina

**Montážní délka**

 Pracovní zatížení

Délka při pracovním zatížení: 112,917 mm

Směr vinutí: pravý

**Pružinový drát**

Průměr drátu: d 8 mm

**Začátek pružiny**

Uzavřené závěrné závity:  $n_{z1}$  1,5 ul

Přechodové závity:  $n_{t1}$  1 ul

Obrobené závity:  $z_{o1}$  0,75 ul

**Konec pružiny**

Uzavřené závěrné závity:  $n_{z2}$  1 ul

Přechodové závity:  $n_{t2}$  0,75 ul

Obrobené závity:  $z_{o2}$  0,5 ul

**Délka pružiny**

Zadání délky:  $L_0, n \rightarrow t$

Délka volné pružiny:  $L_0$  150 mm

Rozteč:  $t$  16,500 mm

Aktivní závity:  $n$  8

**Průměr pružiny**

Průměr: Vnitřní

$D_2$  40,000 mm

Vypočítat OK Storno >>

**Generátor komponent tlačných pružin**

**Návrh** **Výpočet**

**Pevnostní výpočet pružiny**

Výpočet kontroly pružiny

**Možnosti výpočtu**

Typ návrhu:  $F$ , rozměry sestavy  $\rightarrow d, L_0, n, D$

Metoda korekce křivky napětí: Bez korekce

Návrh montážních rozměrů: Návrh všech montážních rozměrů  $L_1, L_g, H$

**Zatížení**

Min. zatížení:  $F_1$  1200 N

Max. zatížení:  $F_8$  1764 N

Pracovní zatížení:  $F$  1470,000 N

**Rozměry**

Průměr drátu: d 8 mm

Vnitřní průměr:  $D_2$  40,000 mm

Délka volné pružiny:  $L_0$  150 mm

**Závity pružiny**

Zaokrouhlování počtu závitů: 1

**Materiál pružiny**

☐ Vlastní

Mez pevnosti v tahu:  $K_w$

Dovolené napětí v  $k$ :  $k$  39,641 N/mm

Modul pružnosti ve  $s_1$  30,272 mm

Hustota:  $s_8$  44,499 mm

Součinitel využití  $m_z$ :  $s_9$  68,000 mm

☐ Kontrola vzpěrn

Typ pružiny:  $L_{minf}$  91,680 mm

Vedené uložení –  $r_c$ :  $L_g$  82,000 mm

☐ Dynamické zatížení

Nekuličkové pružiny:  $F_9$  2695,602 N

Životnost pružiny v  $\tau_1$  286,479 MPa

Součinitel bezpečnosti:  $\tau_8$  421,124 MPa

$\tau_9$  643,528 MPa

$v$  6,782 mps

$f$  144,289 Hz

$W_8$  39,248 J

$l$  1612,800 mm

**Montážní rozměry p**

$H, L_1 \rightarrow L_g$

**Výsledky**

$a$	8,500 mm
$t$	16,500 mm
$K_w$	1,000 ul
$k$	39,641 N/mm
$s_1$	30,272 mm
$s_8$	44,499 mm
$s_9$	68,000 mm
$L_{minf}$	91,680 mm
$L_g$	82,000 mm
$F_9$	2695,602 N
$\tau_1$	286,479 MPa
$\tau_8$	421,124 MPa
$\tau_9$	643,528 MPa
$v$	6,782 mps
$f$	144,289 Hz
$W_8$	39,248 J
$l$	1612,800 mm
$m$	0,636 kg

Vypočítat OK Storno >>

### ☐ Scénář

Pevnostní výpočet pružiny	Kontrolní výpočet pružiny
Metoda korekce křivky napětí	Bez korekce

### ☐ Zatížení pružiny

Min. zatížení	F <sub>1</sub>	1200,000 N
Max. zatížení	F <sub>8</sub>	1764,000 N
Pracovní zatížení	F	1470,000 N

### ☐ Rozměry pružiny

Délka volné pružiny	L <sub>0</sub>	150,000 mm
Průměr drátu	d	8,000 mm
Stoupání volné pružiny	t	16,500 mm
Vnější průměr pružiny	D <sub>1</sub>	56,000 mm
Střední průměr pružiny	D	48,000 mm
Vnitřní průměr pružiny	D <sub>2</sub>	40,000 mm
Poměr vinutí	c	6,000 ul

### ☐ Závity pružiny

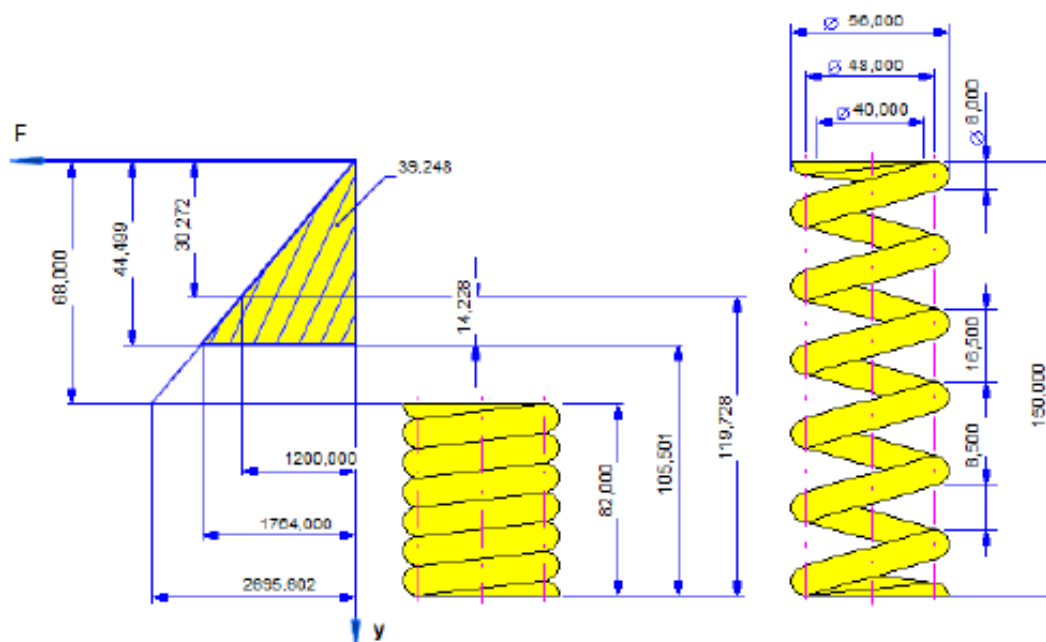
Činné závity	n	8,000 ul
Směr závitu	pravý	
Konce pružin		
Parametry	Začátek	Konec
Závity s uzavřeným koncem	$n_{z1}$ 1,500 ul	$n_{z2}$ 1,000 ul
Přechodové závity	$n_{t1}$ 1,000 ul	$n_{t2}$ 0,750 ul
Obrobené závity	$z_{o1}$ 0,750 ul	$z_{o2}$ 0,500 ul

### ☐ Montážní rozměry pružiny

Délka při min. zatížení	L <sub>1</sub>	119,728 mm
Délka při max. zatížení	L <sub>8</sub>	105,501 mm
Pracovní zdvih	H	14,228 mm
Délka při pracovním zatížení	L <sub>w</sub>	112,917 mm
Montážní délka	L	112,917 mm

### ☐ Materiál pružiny

Vlastní materiál		
Mez pevnosti v tahu	σ <sub>ult</sub>	1860,000 MPa
Dovolené napětí v krutu	T <sub>A</sub>	930,000 MPa
Modul pružnosti ve smyku	G	68500,000 MPa
Hustota	ρ	7850 kg/m <sup>3</sup>
Součinitel využití materiálu pružiny	u <sub>s</sub>	0,900 ul

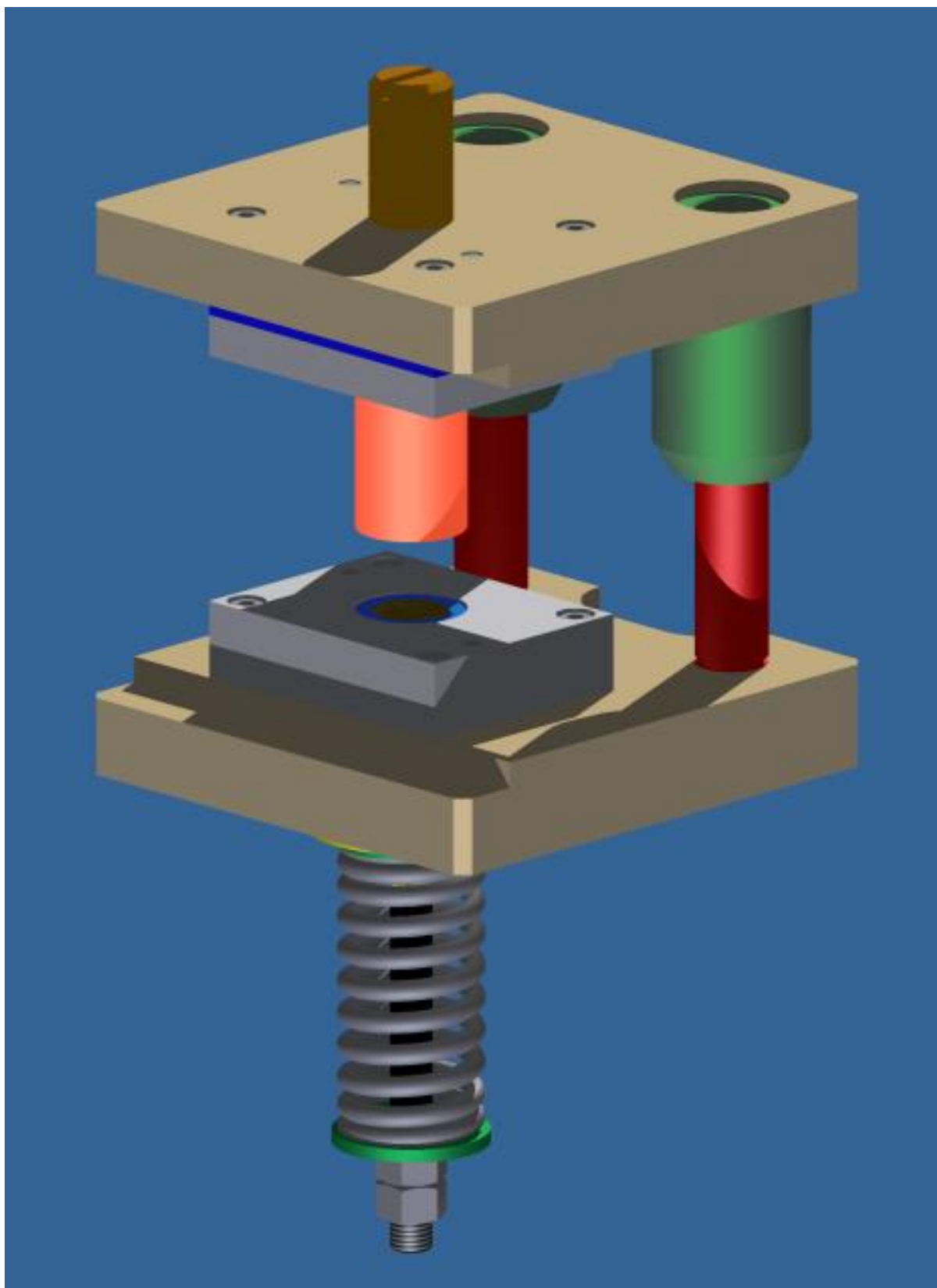


### ▣ Výsledky

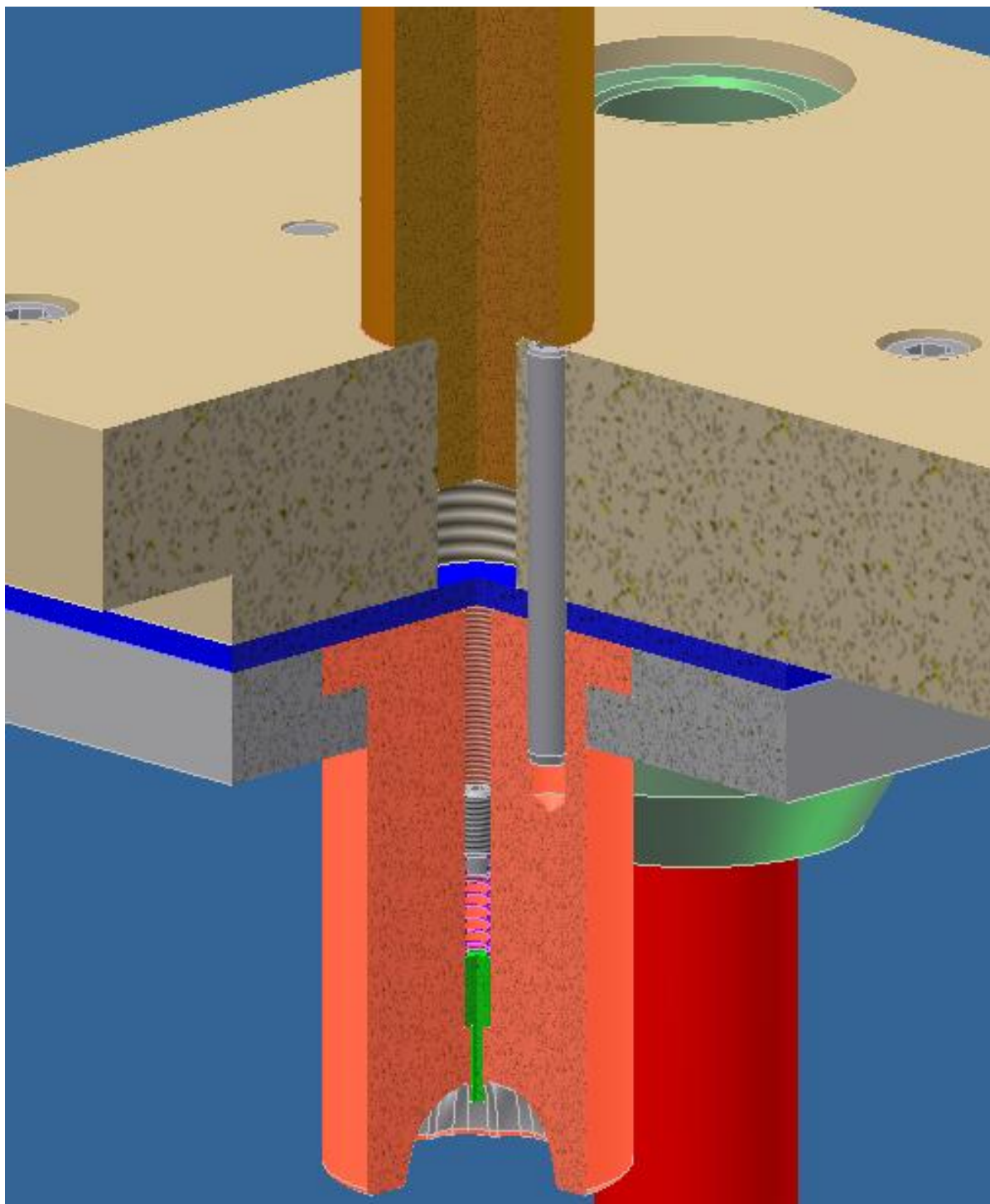
Vôle mezi závitů volné pružiny	a	8,500 mm
Stoupání volné pružiny	t	16,500 mm
Součinitel koncentrace napětí	$K_W$	1,000 ul
Tuhost pružiny	k	39,641 N/mm
Deformace pružiny při minimálním zatížení	$s_1$	30,272 mm
Deformace v plně zatíženém stavu	$s_8$	44,499 mm
Deformace pružiny při mezním zatížení	$s_9$	68,000 mm
Mezní zkušební délka pružiny	$L_{minf}$	91,680 mm
Teoretická mezní délka pružiny	$L_9$	82,000 mm
Síla pružiny v mezním stavu	$F_9$	2695,602 N
Napětí při minimálním zatížení	$\tau_1$	286,479 MPa
Napětí při maximálním zatížení	$\tau_8$	421,124 MPa
Dosedací napětí	$\tau_9$	643,528 MPa
Kritická rychlost pružiny	v	6,782 mps
Vlastní kmitočet pružiny	f	144,289 Hz
Deformační energie	$W_8$	39,248 J
Délka drátu	l	1612,800 mm
Hmotnost pružiny	m	0,636 kg
Výsledek kontroly pružiny		<b>Kladný</b>

### ▣ Souhrn hlášení

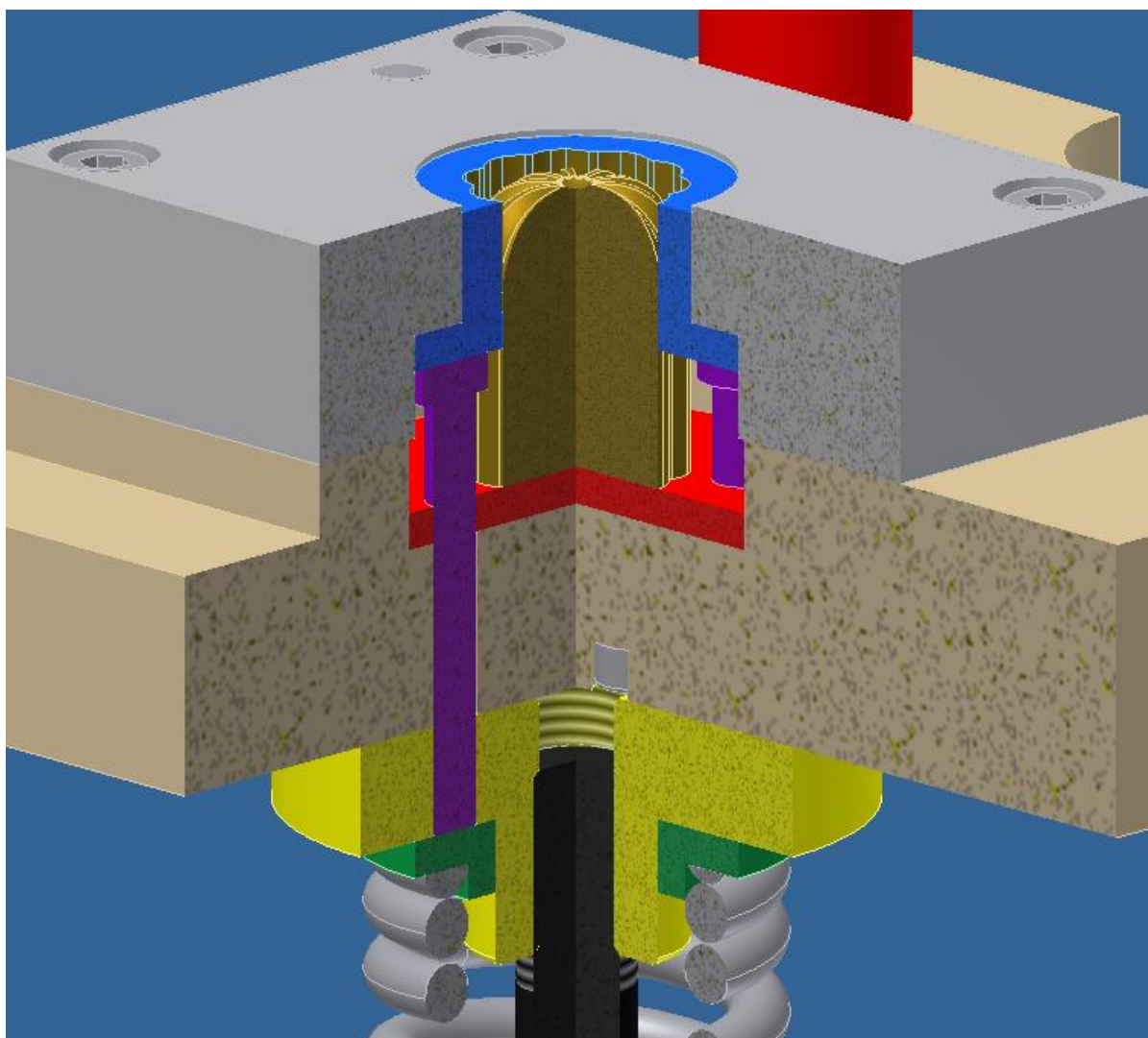
18:43:24 : Výpočet skončil úspěšně!



Obr. 10.1 ISO pohled nástroje



Obr. 10.2 Detail řezu tažnicí



Obr. 10.2 Detail řezu tažníkem